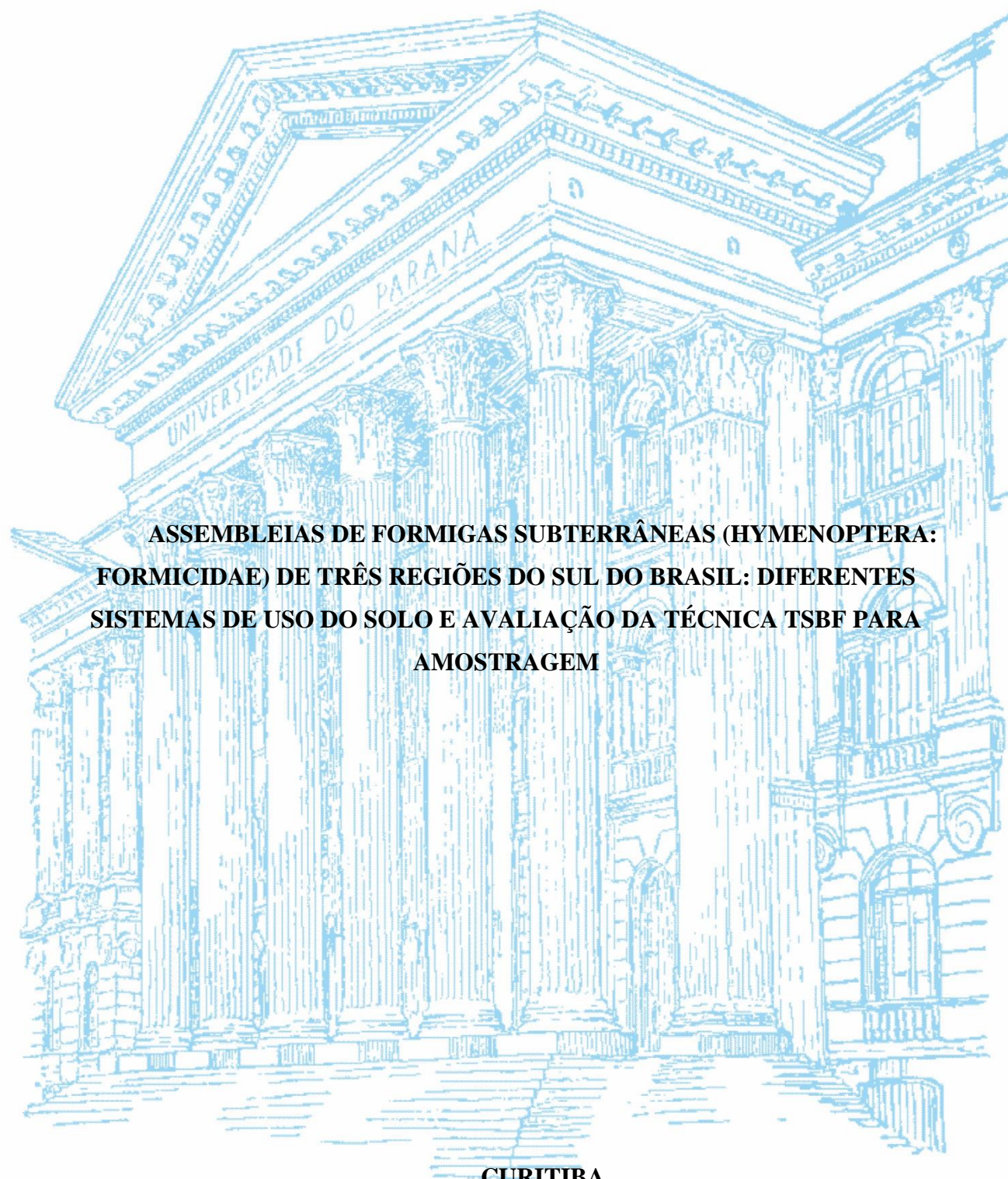


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**MILA FERRAZ DE OLIVEIRA MARTINS**



**ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS SUBTERRÂNEAS (HYMENOPTERA:  
FORMICIDAE) DE TRÊS REGIÕES DO SUL DO BRASIL: DIFERENTES  
SISTEMAS DE USO DO SOLO E AVALIAÇÃO DA TÉCNICA TSBF PARA  
AMOSTRAGEM**

**CURITIBA**

**2017**

MILA FERRAZ DE OLIVEIRA MARTINS

**ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS SUBTERRÂNEAS (HYMENOPTERA:  
FORMICIDAE) DE TRÊS REGIÕES DO SUL DO BRASIL: DIFERENTES  
SISTEMAS DE USO DO SOLO E AVALIAÇÃO DA TÉCNICA TSBF PARA  
AMOSTRAGEM.**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Biológicas – Ênfase em Entomologia, no Curso de Pós-Graduação em Entomologia, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo M. Feitosa  
Co-orientador: Dr. Marcílio J. Thomazzini (Embrapa Florestas)

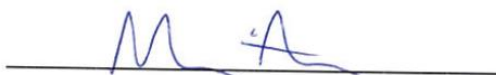
CURITIBA

2017

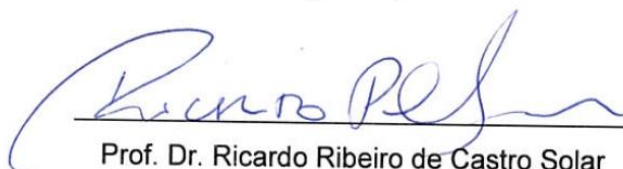
MILA FERRAZ DE OLIVEIRA MARTINS

"ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS SUBTERRÂNEAS (HYMENOPTERA:  
FORMICIDAE) DE TRÊS REGIÕES DO SUL DO BRASIL: DIFERENTES  
SISTEMAS DE USO DO SOLO E AVALIAÇÃO DA TÉCNICA TSBF PARA  
AMOSTRAGEM"

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de "Mestre em Ciências Biológicas", no Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, Área de Concentração em Entomologia, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:



Rodrigo dos Santos Machado Feitosa  
(UFPR)



Prof. Dr. Ricardo Ribeiro de Castro Solar  
(UFMG)



Dr. Sebastian Felipe Sendoya Echeverry  
(Pós-doc UFPR)

Curitiba, 17 de fevereiro de 2017.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, que esteve do meu lado. Em especial, agradeço minha mãe. Musa, meu modelo de mulher. A melhor mãe do mundo e que me mostrou que nunca é tarde para recomeçar, que não devemos ter medo do amanhã e que seguir em frente é a única saída.

Agradeço aos amigos e incentivadores da minha carreira acadêmica: Wilson, Susete, Mariane, Tadeu e demais colegas da Embrapa Florestas. Muito obrigada por todas as oportunidades e conversas. Em especial, obrigada Wilson por ter sido um “segundo pai” durante os quatro anos e meio de FUNCEMA. Embora não tenha me convencido a acreditar “em alguma coisa” todas nossas conversas me fizeram uma pessoa melhor, sem dúvidas!

Agradeço aos amigos “da Bio”. Se tem algo que essa “Biologia UFPR” me deu de valioso foram as amizades. Raquel, Fernanda, Silvia, Alana, Liz, “Kelona”, “Kelinha”, “Lu”, “Mentira”, “Beluga”, entre um monte de outros nomes que não vou listar para não ocupar muitas páginas (sou pobre). Deixo meu muito obrigada e um pedido de desculpas pela ausência.

Agradeço aos amigos e colegas de Pós-graduação, em especial Isaac e Mayron (“agregados” do Lab), e especialmente os “Entomorunners”. Obrigada por toparem dedicar duas horinhas da semana para correremos. Sem saber, vocês foram extremamente importantes para mim e tornaram dias extremamente difíceis mais “endorfinados” e cheios de risos.

Agradeço aos amigos do Laboratório de Sistemática e Biologia de Formigas por todos os momentos intensamente compartilhados nesses dois últimos anos. Obrigada gente linda do meu coração pela força, especialmente na reta final da confecção do presente documento! Alê, Aline, Gabi, Ju, Paloma, Thi, Weslly e Rodrigo (“Chefe”), valeu demais pela companhia dentro e fora do lab! O agradecimento especial vai para o Chefe: obrigada por acreditar em alguém que você nem conhecia. Sabemos que muitos orientadores no meio acadêmico possuem restrições para alunos externos aos programas, ainda mais mulheres. Obrigada por não ser como eles.

Agradeço às melhores, aquelas que me conhecem a uma vida: Mari (“Toco”), Ju (“Beicinho”) e Mari (“Primosa”). Podemos ficar longe, brigar, ficar sem nos falar um tempo, mas tudo isso não é suficiente para diminuir o amor que sinto por vocês. Muito obrigada por tudo! Principalmente por nunca divulgarem minha vida pessoal e nem me chantagearem por conta disso.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia e todos os docentes pela formação propiciada. Aos membros da banca, por terem aceito o convite e por pacientemente corrigirem este trabalho. Também agradeço ao CNPq pela bolsa concedida.

E por último, agradeço ao Léo. Foram dez anos de relacionamento. Obrigada por ter feito parte da minha história, por ter me impedido de desistir da graduação, ter me ensinado a acampar e gostar de campo, por estar do meu lado nos melhores e piores momentos. Por me ajudar a crescer e me tornar a mulher que sou hoje, muito obrigada!

## Invictus

By William Ernest Henley

Out of the night that covers me,  
Black as the pit from pole to pole,  
I thank whatever gods may be  
For my unconquerable soul.

In the fell clutch of circumstance  
I have not winced nor cried aloud.  
Under the bludgeonings of chance  
My head is bloody, but unbowed.

Beyond this place of wrath and tears  
Looms but the Horror of the shade,  
And yet the menace of the years  
Finds and shall find me unafraid.

It matters not how strait the gate,  
How charged with punishments the scroll,  
I am the master of my fate,  
I am the captain of my soul.

## RESUMO

A agricultura tem papel fundamental no desenvolvimento da sociedade humana. No entanto, um sistema de produção intensivo, com o uso acentuado de maquinário, inseticidas e herbicidas, tem elevado a preocupação com a degradação do solo. Sistemas mais sustentáveis de uso do solo têm sido implementados em substituição aos convencionais. Além disso, medidas de monitoramento foram adotadas, como os propostos pelo Programa *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF) para a avaliação de impactos do uso do solo sobre a macrofauna. Um dos métodos sugeridos pelo programa, e que leva o mesmo nome, é a extração de monólitos de 25 x 25 x 30 cm. Os monólitos são separados em camadas de 10 cm e então a macrofauna edáfica é retirada. Dentre os integrantes da macrofauna encontram-se as formigas. Diversos métodos já foram empregados na tentativa de amostrar formigas subterrâneas e a utilização de monólitos tem se mostrado promissora. A ampla utilização do TSBF acaba gerando um grande volume de material que, em geral, é subaproveitado com relação a estudos específicos com formigas. No presente trabalho fizemos a caracterização das assembleias de formigas subterrâneas de três regiões do sul do Brasil amostradas pelo método de extração de monólitos TSBF (Capítulo I) e avaliamos a influência dos sistemas de uso na diversidade (riqueza e composição) de formigas em diferentes sistemas de uso do solo (Capítulo II), já que as extrações foram realizadas em diferentes áreas de produção agrícola. As áreas amostradas pertencem a municípios de três regiões do Sul do Brasil: Ponta Grossa, nos Campos Gerais do PR; Santa Teresinha do Salto, Otacílio Costa e Campo Belo do Sul, no Planalto de SC; e Xanxerê, São Miguel do Oeste e Chapecó, no Oeste-SC. Foram avaliados sete sistemas de uso em Ponta Grossa (Campos Gerais, Floresta nativa, Integração Lavoura-pecuária-floresta, Integração Lavoura-pecuária, Campo nativo pastejado, Plantio de *Eucalyptus* e Plantio direto) e cinco em Santa Catarina (Floresta nativa, Integração Lavoura-pecuária, Campo nativo pastejado, Plantio de *Eucalyptus* e Plantio direto). Conseguimos identificar 67 espécies subterrâneas, nas três regiões, e o TSBF demonstrou que é eficiente na amostragem de formigas hipogeicas por capturar formigas pouco frequentes ou ausentes nas amostras de armadilhas epigeicas. O TSBF registrou um maior número de espécies na profundidade 0-10 cm, sendo eficiente na amostragem de formigas subterrâneas. Observamos alteração tanto na riqueza quanto na composição de espécies nas áreas avaliadas. E encontramos um gradiente de riqueza inverso ao gradiente de manejo das áreas, sendo as áreas de plantio direto e integração lavoura-pecuária as de menor riqueza. Desta forma concluímos que a utilização do TSBF na amostragem de formigas pode ser eficaz na coleta de espécies subterrâneas. Além disso, pode ser uma importante ferramenta na amostragem de formigas em estudos de avaliação da qualidade do solo.

**Palavras-chave:** TSBF, formigas hipogeicas, sistemas de uso do solo.



## ABSTRACT

Agriculture has a central role on the development of the human society. However, an intensive system of production, with the hardly use of machinery, insecticides and herbicides, was increased the preoccupation with the degradation of soil. Sustainable land-uses had been implemented in substitution of the conventional system. Furthermore, monitoring procedures for the evaluation of the impacts of land-use systems on the macrofauna are adopted, as the proposed by the Programme Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF). One of the suggested methods, which has the same name, is the extraction of a monolith with 25 x 25 x 30 cm. The monoliths were separated in layers with 10 cm and the edaphic macrofauna was sampled. Some methods were designed for sampling subterranean ants, but the majority uses attractive (baits), this fact can influence the determination of species occurrence when we evaluate the vertical stratification of the communities. However, the use of monoliths has shown favorable to get information about vertical stratification. In the present work, we characterized subterranean ant assemblages from three regions of southern Brazil sampled by TSBF (Chapter I) and evaluate the influence of land-use systems on diversity of ants (richness and composition) (Chapter II). The sampled areas belong to cities of three regions of South Brazil: Ponta Grossa, Campos Gerais do PR; Santa Teresinha do Salto, Otacílio Costa and Campo Belo do Sul, in the Plateau of SC and Xanxerê, São Miguel do Oeste and Chapecó, in West - SC. Distinct experimental designs were applied, with seven land-use evaluated in Ponta Grossa (Campos Gerais, Native Forest, Integrated-crop-livestock-forest system, Integrated-crop-livestock, Pasture with native fields, *Eucalyptus* plantation and No-tillage) and five in Santa Catarina (Native Forest, Integrated-crop-livestock, Pasture with native fields, *Eucalyptus* plantation and No-tillage). We identified 67 subterranean ants in all three regions and the TSBF demonstrated that it is efficient in hypogaeic ant sampling for catching infrequent or absent ants in epigaeic traps. The TSBF registered more species at 0-10 cm layer, been efficient for sampling subterranean ants. We observed changes in both richness and species composition, in the evaluated areas. We found an inverse richness gradient to the management of the areas, with no-tillage and crop-livestock integration being the lowest richness indexes. In this sense, we suggest the use of TSBF in ant sampling for its potential in the collection of subterranean species. Furthermore, can be an important sampling method for studies about quality soil.

**Key- words:** TSBF, hipogaeic ants, land-use systems.



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	13
REFERÊNCIAS .....	17
<b>CAPÍTULO I: CARACTERIZAÇÃO DAS ASSEMBLEIAS SUBTERRÂNEAS DE TRÊS REGIÕES DO SUL DO BRASIL .....</b>	<b>21</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>21</b>
<b>1 INTRODUÇÃO. ....</b>	<b>22</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
2.1 Áreas de estudo .....	25
2.2 Caracterização do método .....	27
2.3 Delineamento experimental e amostragem de formigas .....	28
2.4 Análises dos dados .....	31
2.4.1 Análises da riqueza.....	32
2.4.2 Modelos de presença .....	32
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
3.1 Riqueza e frequência das espécies.....	34
3.2 Desempenho do método TSBF na coleta de formigas .....	37
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>
<b>CAPÍTULO II: INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE USO DO SOLO SOBRE AS ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS EPIGEICAS E HIPOGEICAS NAS REGIÕES OESTE E PLANALTO DE SANTA CATARINA .....</b>	<b>48</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>48</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>49</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>51</b>
2.1 Áreas de estudo .....	51
2.2 Delineamento experimental e amostragem de formigas .....	53
2.3 Análise dos dados .....	55
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>56</b>
3.1 Riqueza e frequência das espécies.....	56
3.2 Composição de espécies em diferentes sistemas de uso do solo.....	58
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>61</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>66</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE A – LISTA DE ESPÉCIES .....</b>	<b>80</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

As relações do ser humano com o solo, por meio da agricultura, foram fundamentais para o desenvolvimento das sociedades modernas. A agricultura teve sua origem no Neolítico (aproximadamente 10.000 anos atrás), o que favoreceu o sedentarismo e o desenvolvimento cultural das sociedades que, ao longo dos anos, foram aumentando a complexidade das ferramentas utilizadas e de seus sistemas de produção, caracterizando as revoluções agrícolas (MAZZOYER; ROUDART, 2008). Uma produção mais eficiente, expressa pelo aumento na quantidade de alimento produzido, contribuiu para o crescimento populacional e, conseqüentemente, uma demanda maior de produção e expansão de fronteiras agrícolas (MAZZOYER; ROUDART, 2008).

A partir do século XX o crescimento das atividades agropecuárias, devido ao aumento na demanda por alimentos e fontes de energia, elevou a preocupação de cientistas e ambientalistas com a degradação do solo. Essa degradação pode ser medida através da presença e/ou ausência de organismos vivos (VARGAS; HUNGRIA, 1997; BENAZZI et al., 2013). Os organismos de solo podem ser classificados, de acordo com o tamanho corporal, em micro (menos de 200  $\mu\text{m}$ ), meso (0,2 mm – 2 mm) e macrofauna (acima de 2 mm) (LAVELLE et al., 1997; LAVELLE et al., 2006). A macrofauna de solo é responsável pela ruptura de horizontes orgânicos e minerais, favorecendo a infiltração e percolação da água da chuva e a aeração do solo (BENAZZI et al., 2013). Entre os organismos que compõem a macrofauna estão as formigas, que são participantes ativas da dinâmica pedológica (aeração e penetração de raízes e absorção de água) (LOBRY DE BRUYN, 1999; WINK et al., 2005).

Atualmente, a família Formicidae conta com 13.235 espécies válidas, distribuídas em 334 gêneros e 17 subfamílias (BOLTON, 2016), ocorrendo na maioria dos ambientes terrestres (LUCKY et al., 2013). Acredita-se que as formigas representam de 10 a 15% de toda a biomassa animal terrestre e que em um hectare de Floresta Amazônica há mais de oito milhões de formigas (HÖLDOBLER; WILSON, 1990). Uma das causas da grande diversidade, é o fato deste ser o primeiro grupo eusocial predador a viver e forragear no solo, embora existam assembleias que ocupam outros estratos do ambiente (HÖLDOBLER; WILSON, 1990; WILSON; HÖLDOBLER, 2005; LUCKY et al. 2013; MOREAU; BELL, 2013).

Estudos a respeito da diversidade de formigas têm sido desenvolvidos com o objetivo de avaliar os efeitos da modificação dos ambientes naturais diante do uso indiscriminado do solo (MARINHO et al., 2002; SCHMIDT et al., 2005; DIEHL et al., 2005; DEBLAUWE;

DEKONINCK, 2007; SILVA et al., 2009; SOLAR et al., 2016). Além de responderem rapidamente ao estresse do meio, formigas apresentam ampla distribuição e abundância local, são facilmente amostradas, e sua identificação é relativamente mais simples que de outros táxons (MAJER, 1983; GREENSLADE; GREENSLADE, 1984; ANDERSEN; SPARLING, 1997; ANDERSEN et al., 2002).

Inventários deste táxon podem fornecer informações importantes sobre a distribuição geográfica de espécies raras ou ecologicamente importantes, além de informações sobre suas propriedades biológicas (ALBUQUERQUE; DIEHL, 2009). Em geral, levantamentos de espécies de solo devem ser feitos com uma combinação de métodos de coleta (BESTELMEYER et al., 2000). A maioria dos métodos privilegia a coleta de espécies epigeicas (vivem sobre o solo), enquanto espécies hipogeicas (vivem sob o solo), devido à limitações destes métodos, são subamostradas (BERGHOFF et al., 2003; JACQUEMIN et al., 2012). O estrato subterrâneo é a última fronteira no estudo de formigas (WILKIE et al., 2007), justificando o desenvolvimento, aprimoramento e aplicação de métodos de coleta específicos para este estrato.

Trabalhos publicados que abordam o desenvolvimento de métodos de amostragem de formigas subterrâneas, geralmente, utilizam iscas. Estas iscas podem ser diretamente oferecidas no substrato (FOWLER; DELABIE, 1995; DELABIE et al., 2000), misturadas ao solo (BERGHOFF et al., 2003), inseridas em armadilhas de queda do tipo *pitfall* (SCHMIDT; SOLAR, 2010; ANDERSEN; BRAULT, 2010; PACHECO; VASCONCELOS, 2012; FIGUEIREDO et al., 2013) ou como atrativo em sondas cilíndricas inseridas no solo (WILKIE et al., 2007; WILKIE et al., 2010). Outro método utilizado, com certa frequência, na amostragem de formigas subterrâneas é a extração de monólitos (fragmentos de solo) com profundidades e dimensões variadas (SILVA; SILVESTRE, 2004; BIHN et al., 2008; JACQUEMIN et al., 2012; JACQUEMIN et al., 2016).

Desde os anos 1980, com o surgimento do *Tropical Soil Biology and Fertility Programme* (Programa TSBF), uma parceria entre a *International Union of Biological Sciences* e a Unesco através de seu Programa “Homem e Biosfera” (ANDERSON; INGRAM, 1993), estudos que avaliam a presença e composição das comunidades do solo vêm sendo desenvolvidos com frequência no Brasil, uma vez que estes organismos podem assumir papel fundamental na regulação dos sistemas agrícolas (DEVIDE; CASTRO, 2008).

O Programa TSBF foi elaborado com o objetivo principal de avaliar as opções de manejo para aumentar a fertilidade do solo através da manipulação de processos biológicos em áreas tropicais (INGRAM; SWIFT, 1988). Para tanto, preconiza a “volta às raízes” da

produção agrícola, com a adoção de sistemas de produção tradicionais (como os agrossilvipastoris) ao invés da adoção dos sistemas convencionais (intensivos, monocultura).

Os sistemas agrossilvipastoris são desenvolvidos na Europa desde a Idade Média, havendo registros de sistemas integrando árvores frutíferas e pecuária desde o século XVI (REIS FILHO et al., 2013). Exemplos de sistemas agrossilvipastoris são os sistemas de integração. Estes sistemas (lavoura-pecuária-floresta, lavoura-pecuária, entre outros), conhecidos desde o século XVIII no Brasil como “faxinais”, são considerados sustentáveis por tentarem aliar a manutenção do ambiente, através de boas práticas agropecuárias, ao bem-estar do produtor, além de possuir maior viabilidade econômica (REIS FILHO et al., 2013). Outro método considerado menos agressivo ao ambiente e que tem sido amplamente utilizado é o plantio direto. Este método é caracterizado pelo manejo da matéria orgânica produzida pelo sistema, além de nenhum, ou pouco, revolvimento do solo pré ou pós-colheita (EVANS et al., 2011).

O Programa TSBF também sugere o monitoramento da qualidade do solo, através de métodos de amostragem específicos. Esses métodos de amostragem (tanto para avaliações físico-químicas, quanto biológicas) eram atualizados anualmente durante os workshops realizados em diferentes países (ANDERSON; INGRAM, 1993). Em 1993, Anderson e Ingram sistematizaram as informações oriundas destes encontros em um livro técnico contendo todas as metodologias sugeridas para padronizar estudos em áreas de produção da região tropical. Dentre as sugestões encontra-se a extração de um monólito com dimensões pré-estabelecidas (25 cm x 25 cm x 30 cm, largura x comprimento x profundidade), batizado como método TSBF.

O método TSBF é amplamente difundido e utilizado em áreas de produção agrossilvipastoris para avaliação da presença e composição da macrofauna de solo. Sua extração gera grande volume de material coletado, incluindo formigas. No entanto não há exploração dos dados para formigas, coletadas sob este método, mesmo havendo potencial para amostragem de formigas subterrâneas de forma mais conspícua que em outros métodos. O presente trabalho surge como uma contribuição à avaliação de métodos de amostragem de formigas, especialmente subterrâneas, com enfoque na caracterização dessa assembleia através do uso do método TSBF.

Além disso, estudos relacionando a influência dos sistemas de uso do solo sobre a macrofauna são amplamente distribuídos (ver: BARTZ et al., 2014b; ROSA et al. 2015; CUNHA et al., 2016). Porém, a avaliação dos impactos nesses estudos se dá em níveis taxonômicos mais elevados (Ordem e Família, por exemplo). Por este motivo também

comparamos a diversidade e composição de espécies de formigas presentes em diferentes sistemas de uso do solo nas localidades amostradas. Desta forma, o documento encontra-se dividido em dois capítulos:

- Capítulo I – Caracterização das assembleias subterrâneas de três regiões do Sul do Brasil.
- Capítulo II – Influência de diferentes sistemas de uso do solo sobre a diversidade e composição da assembleia de formigas nas regiões Oeste e Planalto catarinense.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. Z.; DIEHL, E. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera: Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Entomologia**. v. 53, n.3, p.398-403, setembro, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262009000300014>>. Acesso: 29 set 2014.
- ANDERSEN, A. N. & BRAULT, A. Exploring a new biodiversity frontier: subterranean ants in northern Australia. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, n., p. 2741-2750. 2010. DOI: 10.1007/s10531-010-9874-1
- ANDERSEN, A. N.; SPARLING, G. P. Ants as indicators of restoration success: relationship with soil microbial biomass in the Australian seasonal tropics. **Restoration ecology**, v. 5, n. 2, p. 109–114, 1997.
- ANDERSEN, A. N.; HOFFMANN, B. D.; MULLER, W. J.; GRIFFITHS, A. D. Using ants as bioindicators in land management: Simplifying assessment of ant community responses. **Journal of Applied Ecology**, v. 39, n. 1, p. 8–17, 2002. Wiley-Blackwell.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. 2. ed. Wallingford, C.A.B. International, 1993. 240p
- BENAZZI, E. S.; BIANCHI, M. O.; CORREIA, M. E. F.; et al.. Impactos dos métodos de colheita de cana-de-aúcar sobre a macrofauna do solo em área de produção no Espírito Santo-Brasil. **Ciências Agrárias**. 2013, v. 34, n. 6, suplemento 1. p.3425-3442. Disponível em <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/12760>>. Acesso em: 02 out. 2014.
- BERGHOF, S. M.; MASCHWITZ, U.; LIENMAIR, K. E. Hypogaieic and epigaieic ant diversity on Borneo: evaluation of baited sieve buckets as a study method. **Tropical Zoology**. v. 16, n. 2, p. 153-163, 2014. DOI: 10.1080/03946975.2003.10531192
- BESTELMEYER, B.T.; AGOSTI, D.; ALONSO, L. E.; et al.. **Field Techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description and evaluation**. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E. & SCHULTZ, T. R (Ed.). Ants- Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Washington and London: Smithsonian Institution Press. 2000, p. 122-144.
- BIHN, J. H.; VERHAAGH, M.; BRÄNDLE, M.; BRANDL, R. Do secondary forests act as refuges for old growth forest animals? Recovery of ant diversity in the Atlantic forest of Brazil. **Biological Conservation**. v. 141, n., p. 733-743, 2008. doi:10.1016/j.biocon.2007.12.028
- BOLTON, B.. An online catalog of the ants of the world. 2016. Available from <http://antcat.org>. Acesso em: 26 dez. 2016.
- DEBLAUWE, I.; DEKONINCK, W. Diversity and distribution of ground-dwelling ants in a lowland rainforest in southwest Cameroon. **Insects Sociaux**. 2007. DOI: 10.1007/s00040-007-0951-8.

DELABIE, J.H.C.; AGOSTI, D.; NASCIMENTO, I.C. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. In: Agosti, D.; Majer, J.D.; Alonso, L. & Schultz, T. (Eds.), **Sampling ground-dwelling ants: case studies from the world's rain forests**. Bulletin 18. Curtin University School of Environmental Biology, Perth, Australia, p.1-17, 2000

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M.. **Manejo do solo e a dinâmica da fauna edáfica**. São Paulo: Apta Regional, 2008. 7 p. Disponível em: <<http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2008/2008-julho-dezembro/613-manejo-do-solo-e-a-dinamica-da-fauna-edafica/file.html>>. Acesso em: 01 mar. 2014.

DIEHL, E.; SACCHETT, F.; ALBUQUERQUE, E. Z. Riqueza de formigas de solo na Praia da Pedreira, Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**. v. 49, n. 4, p. 552-556, dezembro 2005. DOI: 10.1590/S0085-56262005000400016

FIGUEIREDO, C. J.; SILVA, R. R.; MUNHAE, C. B. & MORINI, M. S. C. Fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) atraídas a armadilhas subterrâneas em áreas de Mata Atlântica. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 1, p. 176-182, 2013. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn01413012013>>. Acesso em: 23 set 2014.

FOWLER, H. G.; DELABIE, J. H. C. Resource partitioning among epigaeic and hypogaeic ants (Hymenoptera: Formicidae) of a Brazilian cocoa plantation. **Ecologia Austral**. v. 5, n., p. 117-124, 1995. Disponível em: <<http://www.ecologiaaustral.com.ar/files/5-2-3.pdf>>. Acesso em: 24 set 2014.

GREENSLADE, P. J. M.; GREENSLADE, P. Invertebrates and environmental assessment. **Environment and Planning**, v.3, n., p.13-15, 1984.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. The Ants. 1990. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

JACQUEMIN, J.; DROUET, T.; DELSINNE, T.; et al.. Soil properties only weakly affect subterranean ant distribution at small spatial scales. **Applied Soil Ecology**. v. 62, n., p. 163-169, 2012. DOI: 10.1016/j.apsoil.2012.08.008.

JACQUEMIN, J.; ROISIN, Y.; LEPOUCE, M.. Spatio-temporal variation in ant (Hymenoptera: Formicidae) communities in leaf-litter and soil layers in a premontane tropical forest. **Myrmecological News**, [s.l.], n. 22, p.129-139, dez. 2015

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; et al.. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**. v. 33, n. 4, p. 159-193, 1997.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; et al.. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S3-S15, 2006. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.10.002>

LOBRY DE BRUYN, L. A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v. 74, n., p.425-441, 1999. Disponível em:



<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016788099900047X>>. Acesso em: 12 set. 2013.

LUCKY, A.; TRAUTWEIN, M. D.; GUÉNARD, B. S.; et al.. Tracing the Rise of Ants - Out of the Ground. **Plos One**, [s.l.], v. 8, n. 12, p.1-8, 26 dez. 2013. Disponível em: <Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0084012>>. Acesso em: 03 dez. 2016.

MAJER, J. D.. Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. **Environmental Management**, v.7, n., p.375–383, 1983.

MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; et al.. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**. v. 31, n. 2, p. 187-195, 2002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-566X2002000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-566X2002000200004&script=sci_arttext)>. Acesso em: 16 out 2013.

MAZZOYER, M.; ROUDART, L.. **História das agriculturas no mundo: do Neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Editora Unesp, 2010. 568 p. Tradução de: Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/gpet/files/Historia das agriculturas no mundo - Mazoyer e Roudart.pdf](http://w3.ufsm.br/gpet/files/Historia%20das%20agriculturas%20no%20mundo%20-%20Mazoyer%20e%20Roudart.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2014.

MOREAU, C. S.; BELL, C. D.. Testing the museum versus cradle tropical biological diversity hypothesis: phylogeny, diversification, and ancestral biogeographic range evolution of the ants. **Evolution**, [s.l.], v. 67, n. 8, p.2240-2257, 22 abr. 2013. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1111/evo.12105>.

PACHECO, R. & VASCONCELOS, H. L. Subterranean pitfall traps: Is it worth including them in your ant sampling protocol?. **Psyche**. 9 p. 2012. DOI: 10.1155/2012/870794.

REIS FILHO, W.; SILVA, V. P.; NICKELE, M. A.; MARTINS, M. F. O.. **Formigas cortadeiras em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta- iLPF: Fundamentos para o controle**. Colombo: Embrapa Florestas, 2013. 7 p. Comunicado Técnico 331.

SCHMIDT, K.; CORBETTA, R.; CAMARGO, A. J. A.. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da Ilha João da Cunha, SC: composição e diversidade. **Biotemas**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p.57-71, dez. 2005. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/21459>>. Acesso em: 12 abr. 2014.

SCHMIDT, F. A. & SOLAR, R. R. C. Methodological advances and remarks to improve the sampling of a hidden ant fauna. **Insectes Sociaux**. v. 57, n., p. 261-266, 2010. DOI: 10.1007/s00040-010-0078-1.

SILVA, R. R.; SILVESTRE, R. Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos de Zoologia**. São Paulo. v. 44, n. 1, p.1-11, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0031-10492004000100001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0031-10492004000100001)> Acesso em: 25 set 2014.

SILVA, T. G.; KORASAKI, V.; ZANETTI, R.; et al.. Composição da comunidade de formigas (Insecta: Hymenoptera) em diferentes sistemas de uso do solo do Alto Solimões, AM, Brasil. In: IX CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. São Lourenço- MG. **Anais**. São Lourenço, MG, 2009.

SOLAR, R. R. DE C.; BARLOW, J.; ANDERSEN, A. N.; et al. Biodiversity consequences of land-use change and forest disturbance in the Amazon: A multi-scale assessment using ant communities. **Biological Conservation**, v. 197, p. 98–107, 2016. Elsevier BV.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524p.

WILKIE, K. T. R.; MERTL, A. L.; TRANIELLO, J. F. A. Biodiversity below ground: probing the subterranean ant fauna of Amazonia. **Naturwissenschaften**. v. 94, p. 725-731. 2007. DOI: 10.1007/s00114-007-0250-2

WILKIE, K. T. R.; MERTL, A. L.; TRANIELLO, J. F. A.. Species Diversity and Distribution Patterns of the Ants of Amazonian Ecuador. **Plos One**, [s.l.], v. 5, n. 10, p.1-12, 1 out. 2010. Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0013146>.

WINK, C.; GUEDES, J. V. C.; FAGUNDES, C. K.; ROVEDDER, A. P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. 2005, v. 4, n. 1, p. 60-71. Disponível em: <[http://rca.cav.udesc.br/rca\\_2005\\_1/wink.pdf](http://rca.cav.udesc.br/rca_2005_1/wink.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2013.

## **CAPÍTULO I – CARACTERIZAÇÃO DAS ASSEMBLEIAS DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) SUBTERRÂNEAS DE TRÊS REGIÕES DO SUL DO BRASIL.**

### **RESUMO**

A delimitação da assembleia de formigas subterrâneas tem sido o alvo de diversas pesquisas. Estas avaliam-na através de métodos de coleta específicos para a assembleia subterrânea. Dentre os métodos encontram-se a utilização de armadilhas com ou sem iscas e extrações de monólitos. Uma metodologia de extração de monólito, que é amplamente difundida em estudos em Pedobiologia é o chamado método TSBF, desenvolvido pelo *Tropical Soil Biology and Fertility Programme*. O monólito possui dimensões de 25 x 25 cm (largura x comprimento), com profundidade variável. Por ser amplamente utilizado em áreas de produção agrícola, pode fornecer dados importantes sobre as espécies presentes nessas áreas. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar a assembleia de formigas subterrâneas coletadas por TSBF em três regiões do sul do Brasil. O material utilizado no presente estudo é oriundo de pesquisas prévias realizadas por dois grupos de estudos. Dessa forma, contamos com dois delineamentos amostrais. O primeiro foi aplicado em Ponta Grossa (região de Campos Gerais, Paraná) e originou 315 unidades amostrais. O segundo foi aplicado nas regiões Oeste e Planalto de Santa Catarina, resultando em 270 amostras de TSBF e 270 amostras coletadas por *pitfall*. Utilizamos o material de Ponta Grossa para determinar em qual estrato há maior ocorrência de formigas e quais espécies são exclusivas de cada estrato. O material das regiões de Santa Catarina foi utilizado no intuito de delimitar as espécies que ocorrem apenas no estrato hipogeico. Identificamos 235 espécies no total. Destas, para as três regiões, 67 espécies são subterrâneas, sendo 35 para Ponta Grossa e 36 para as regiões de Santa Catarina. Também constatamos que no estrato I (0-10 cm de profundidade) é onde ocorre maior quantidade de formigas. Devido à necessidade da utilização de métodos que extraíam de forma eficiente as formigas do estrato 0 -10 cm e por coletar formigas exclusivas do estrato hipogeico, sugerimos a utilização do método TSBF na amostragem de formigas.

**Palavras-chave:** Formigas subterrâneas, TSBF, Campos Gerais, Santa Catarina.

## 1 INTRODUÇÃO

O estrato hipogeico tem recebido especial atenção dos pesquisadores nos últimos anos. Isso se deve à constatação de que o estrato subterrâneo é a nova fronteira de diversidade de formigas a ser explorada (WILKIE et al., 2007). Houve, ainda, descoberta de uma subfamília exclusivamente subterrânea e extremamente difícil de coletar (Martialinae) (RABELLING et al., 2008) e a elucidação da hipótese de que as formigas surgiram no solo e a partir deste colonizaram outros estratos (LUCKY et al., 2013). Estes fatos associados à constatação de estratificação vertical da ocorrência de espécies (JACQUEMIN et al. 2016) trazem à tona a necessidade de conhecimento da diversidade de formigas entre as camadas do solo em diferentes regiões e fitofisionomias.

Formigas subterrâneas são subamostradas em grande parte dos inventários de fauna devido às dificuldades de coleta (WILKIE et al., 2007; ANDERSEN; BRAULT 2010). Os métodos mais difundidos para coleta de formigas de solo acabam por privilegiar espécies epigeicas e, em geral, de hábitos generalistas, dominantes e com alta taxa de recrutamento (BESTELMEYER et al., 2000). Entre estes métodos encontram-se a utilização de iscas atrativas, armadilhas de queda do tipo *pitfall* (com ou sem iscas) e o extrator de Winkler (BACCARO et al., 2015). Idealmente, levantamentos da fauna de formigas de solo devem ser feitos com uma combinação desses métodos (BESTELMEYER et al., 2000), justificando a necessidade de desenvolvimento e/ou aprimoramento de métodos de coleta para assembleias subterrâneas.

Visando preencher esta lacuna com um método eficiente para amostragem de formigas subterrâneas, pesquisadores têm desenvolvido métodos diferenciados na busca por técnicas de amostragem abrangentes e replicáveis (BESTELMEYER et al., 2000; SCHMIDT; SOLAR, 2010) (TABELA 1). Boa parte dos métodos de amostragem de formigas subterrâneas envolvem a utilização de iscas ou atrativos. O uso dessas substâncias acaba privilegiando a coleta de espécies predadoras, generalistas e, normalmente, com alto potencial de recrutamento (LONGINO, 2000).

A utilização de monólitos tem se mostrado promissora principalmente para determinação da ocorrência das espécies nos diferentes estratos (ver: JACQUEMIN et al., 2012, 2016). Trabalhos que utilizam a extração de monólito pelo método TSBF geram um grande volume de material coletado que eventualmente acaba sendo subaproveitado, principalmente para Formicidae. Isso ocorre porque muitos estudos em Pedobiologia (área onde o TSBF é mais comumente utilizado) não costumam privilegiar grupos específicos, ao

contrário, preconizam estudos de grande abrangência utilizando níveis taxonômicos elevados (como Ordem) sem levar em consideração a composição da comunidade e ecologia das espécies (ver: LOURENTE et al., 2007; KLENK et al., 2009; CORREIA, 2010; LIMA et al., 2010; ZAGATTO, 2014; BENAZZI et al., 2013; PEREIRA et al., 2012).

TABELA 1 – TRABALHOS PUBLICADOS QUE ABORDAM DIFERENTES TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM DE FORMIGAS SUBTERRÂNEAS, ATÉ 2016.

MÉTODO UTILIZADO	COM ISCA/ TIPO DE ISCA OU SEM	NÚMERO DE ESPÉCIES COLETADAS	NÚMERO DE AMOSTRAS	REFERÊNCIA
Baldes perfurados	Óleo de palma	85	182	Berghoff et al. (2003)
Tubos cilíndricos de policarbonato	Proteína e Carboidrato	47	50	Wilkie et al. (2007)
Frascos cilíndricos de 1 cm de diâmetro.	Mel, pasta de amendoim e pasta de peixe	29	720	Andersen e Brault (2010)
Frascos de 8 cm de diâmetro	Uma de sardinha e outra de mel ou sem	29	80	Schmidt e Solar (2010)
Frascos de 6 cm de diâmetro	Isca de sardinha com óleo vegetal	75	737	Pacheco e Vasconcelos (2012)
Três frascos associados	Uma de sardinha em óleo, uma de salsicha e uma de mel	42	20	Figueiredo et al. (2013)
Monólito (15x15x15 cm) com extração manual no local	Sem	124	51	Delabie e Fowler (1995)
Monólito (15x15x25 cm) peneirado e submetido ao extrator de Winkler	Sem	71	90	Silva e Silvestre (2004)
Monólito (15x15x10 cm) submetido ao Funil de Berlese por 21 dias	Sem	*	270	Bihn et al. (2008)
Monólito (15x15x10 cm) com extração manual no local	Sem	76	198	Jacquemin et al. (2012, 2016)

\*Identificação apenas em gêneros.

Fonte: A autora, 2017

Um dos grupos mais abundantes nas amostras de TSBF são as formigas (ROSA et al., 2015). Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é caracterizar as assembleias subterrâneas de três regiões do sul do Brasil, amostradas pelo método TSBF. Para tanto, avaliamos os registros de ocorrência de formigas nos diferentes estratos do solo (serapilheira,

0-10 cm e 10-20 cm) e comparamos espécies hipogeicas com espécies epigeicas (amostradas por *pitfall*).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Áreas de estudo

O material utilizado no presente estudo é proveniente de três regiões do Sul do Brasil: (1) município de Ponta Grossa, região de Campos Gerais, Paraná; (2) regiões Oeste e (3) Planalto de Santa Catarina. Em cada região catarinense as amostras foram coletadas em três cidades. Na região Oeste as coletas foram realizadas nos municípios de Xanxerê, Chapecó e São Miguel do Oeste. Na região Planalto foram amostradas áreas no distrito de Santa Terezinha do Salto em Lages, Otacílio Costa e Campo Belo do Sul (FIGURA 1).

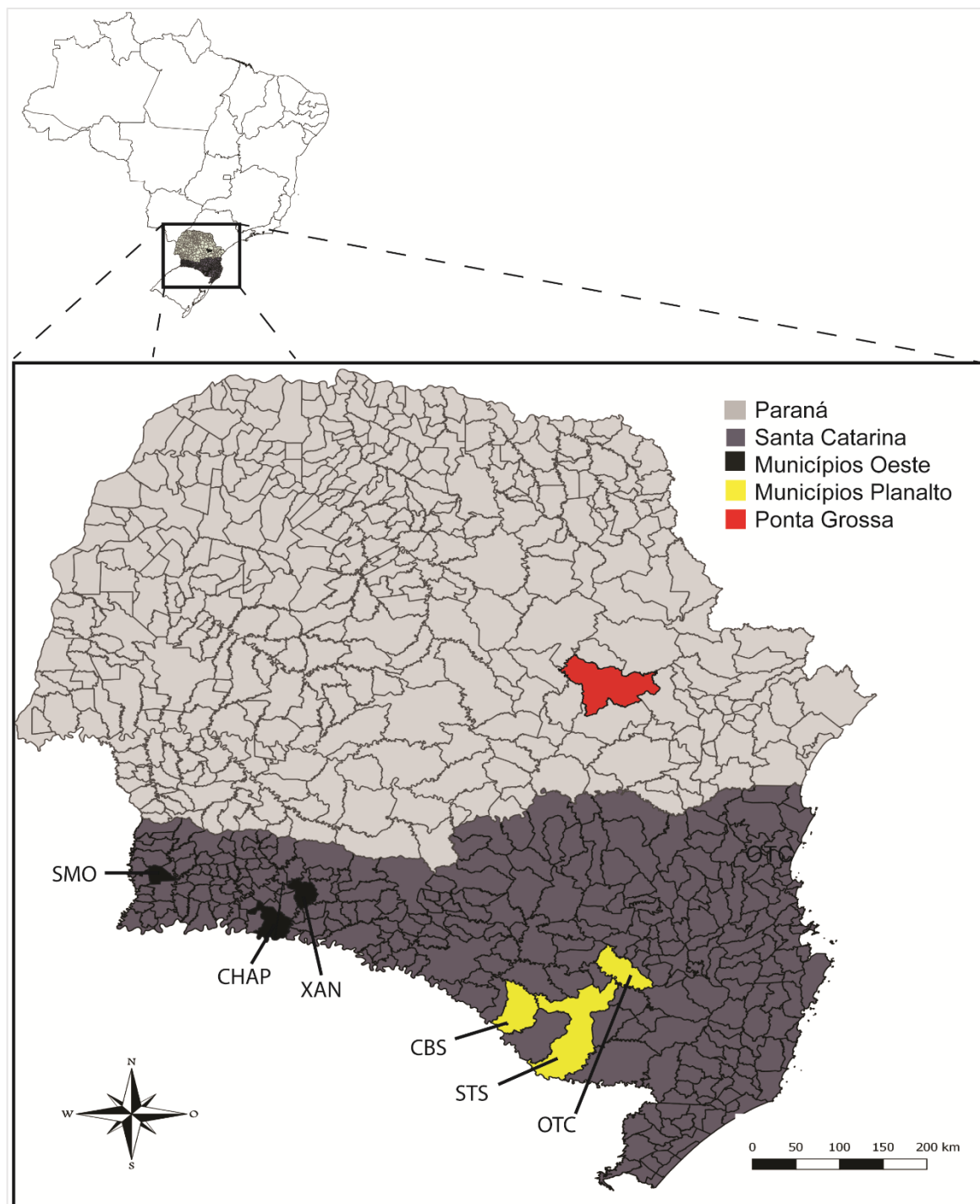
A cidade de Ponta Grossa está localizada no Segundo Planalto paranaense, a cerca de 120 quilômetros de Curitiba. Segundo Maack (2012), a região é caracterizada por ser uma zona de campo limpo com capões de matas de araucária. Seu clima é do tipo Cfb (classificação climática de Köppen-Geiger) – clima subtropical úmido, sem períodos secos definidos ao longo do ano e com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C. As áreas de sistema de uso amostradas possuem altitude média de 875 m e precipitação anual total entre 1.300 e 1.800 milímetros, distribuídos ao longo do ano (ZAGATTO, 2014; IAPAR, 1978).

Neste município foram amostrados sete sistemas de uso do solo (SUSo): (1) sistema de integração lavoura-pecuária (ILP); (2) sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); (3) campo nativo pastejado (CN); (4) plantio de eucalipto (EU); (5) plantio direto (PD); (6) campos gerais (CG) e (7) Floresta Ombrófila Mista (F). As áreas nativas, CG e F, pertencem ao Parque Estadual de Vila Velha (25°14'17"S 50°0'39"W). Os sistemas de uso ILP, ILPF e CN são áreas pertencentes à Fazenda Modelo do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) (25° 5' 11"S 50° 9' 38"W). Já os sistemas EU e PD pertencem ao Campo Experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Produtos e mercados) (25°08'17"S 50°04'47"W).

A região Oeste do estado de Santa Catarina é caracterizadas pelo clima Cfa – clima subtropical úmido, sem estação seca definida, com temperatura média do mês mais quente acima de 22°C, e a fitofisionomia predominante é de floresta ombrófila mista (BARTZ et al., 2014a). Na região Planalto o clima é Cfb e possui predominância de campos de altitude com capões de de floresta ombrófila mista (ROSA, 2013).



FIGURA 1 – MAPA DAS LOCALIDADES AMOSTRADAS NOS ESTADOS DE SANTA CATARINA E PARANÁ. MUNICÍPIOS DE SANTA CATARINA, REGIÃO OESTE: CHAP – CHAPECÓ, SMO – SÃO MIGUEL DO OESTE, XAN – XANXERÊ; MUNICÍPIOS REGIÃO PLANALTO: CBS – CAMPO BELO DO SUL, OTC – OTACÍLIO COSTA, STS – SANTA TEREZINHA DO SALTO. MUNICÍPIO DO PARANÁ. CAMPOS GERAIS: PG – PONTA GROSSA



Fonte: A autora, 2017.

Os municípios de cada região foram escolhidos de acordo com as características geográficas, tipo de solo, SUSo e histórico de manejo. Em cada um dos três municípios de

cada região foram amostrados cinco SUSo: floresta nativa (F), plantio de Eucalipto (EU), campo pastejado (nativo ou não) (CN), plantio direto (PD) e integração lavoura-pecuária (ILP) (para detalhes sobre a localização e caracterização das áreas ver: ROSA, 2013; BARTZ et al., 2014a, 2014b; ROSA et al., 2015).

Todas as áreas fizeram parte de um estudo de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso desenvolvido pelo Laboratório de Biologia, Física e Química de Solos da Embrapa Florestas (Colombo, PR) (Projeto: 02.11.01.031.00.00/ Embrapa) e por integrantes do Projeto SisBiota – SC (Processo 6.309/2011-6/FAPESC; Processo: 563251/2010-7/CNPq), da Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC) - Campus Chapecó. Nestes projetos, a fauna de solo é avaliada como indicadora da qualidade e reestruturação, do solo em diferentes sistemas de uso além de ser avaliado, em cada sistema, suas características químicas, físicas e biológicas.

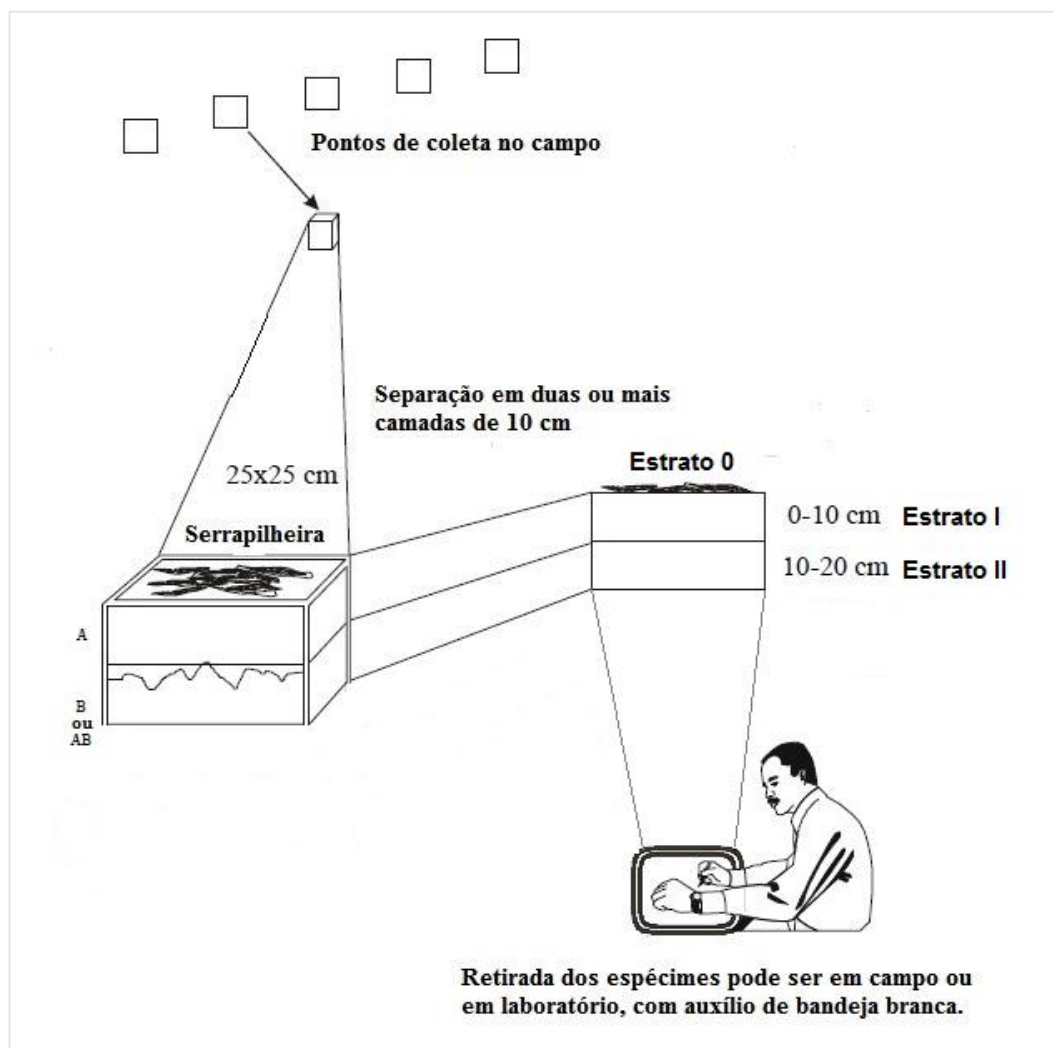
O mapa foi gerado a partir do programa QGis v. 2.16.3 com dados das localidades fornecidos por Zagatto (2014) e Rosa (2013) e os *shapes* utilizados foram obtidos do IBGE (2016).

## 2.2 Caracterização do método de coleta

O Programa TSBF sistematizou medidas de monitoramento da qualidade do solo em locais onde há limitação de recursos financeiros e tecnológicos, através da retirada de monólitos. Os monólitos possuem dimensões de 25 x 25, sendo a profundidade variável de acordo com a extensão do horizonte A do solo (ANDERSON; INGRAM, 1993). Por convenção, a extração de monólitos com estas dimensões é chamada de “método TSBF”.

As marcações para a retirada dos monólitos são realizadas com auxílio de um trado (estrutura quadrangular) metálico, com as dimensões de 25 x 25 (largura x comprimento), após a marcação destas medidas inicia-se o processo de retirada das camadas de solo (serapilheira - quando presente, 0-10, 10-20, 20-30 centímetros ou mais, dependendo da profundidade do horizonte A) (ANDERSON; INGRAM, 1993) (FIGURA 2). A profundidade é marcada com o auxílio de marcadores metálicos e os torrões de solo são cuidadosamente manuseados para não se desmontarem enquanto são empacotados ou colocados em bandejas (ROSA, 2013; ZAGATTO, 2014). No presente trabalho as extrações se deram até 20 cm (estratos 0 - serrapilheira, I – 0 a 10 cm e II – 10 a 20 cm), devido à pouca profundidade do horizonte A nas regiões estudadas (BROWN, 2016 *per. com.*).

FIGURA 2 – PROTOCOLO DE COLETA DE MACROFAUNA DO SOLO PELO MÉTODO TSBF.



FONTE: Adaptado de Brown et al., 2001.

### 2.3 Delineamento e amostragem de formigas

Todo o material utilizado neste trabalho é proveniente de pesquisas prévias envolvendo macrofauna de solo (ROSA, 2013; BARTZ et al., 2014a, 2014b; ZAGATTO, 2014; ROSA et al., 2015). Desta maneira, há dois delineamentos amostrais diferentes, de acordo com o grupo de pesquisa envolvido nas coletas. As coletas na região dos Campos Gerais (em Ponta Grossa, PR) foram realizadas em quatro ocasiões distintas. Nas áreas de ILPF, ILP, CN, PD e EU, ocorreram em outubro e novembro de 2012 e em abril e maio de 2013. Nas áreas pertencentes ao Parque Estadual de Vila Velha, as coletas ocorreram também em duas épocas, mas corresponderam às estações inverno e verão (primeira coleta em

setembro 2013 e segunda em janeiro 2014). Todas as áreas de Santa Catarina (região Oeste e Planalto) foram amostradas nos meses de julho a agosto 2011 e dezembro de 2011 a janeiro 2012.

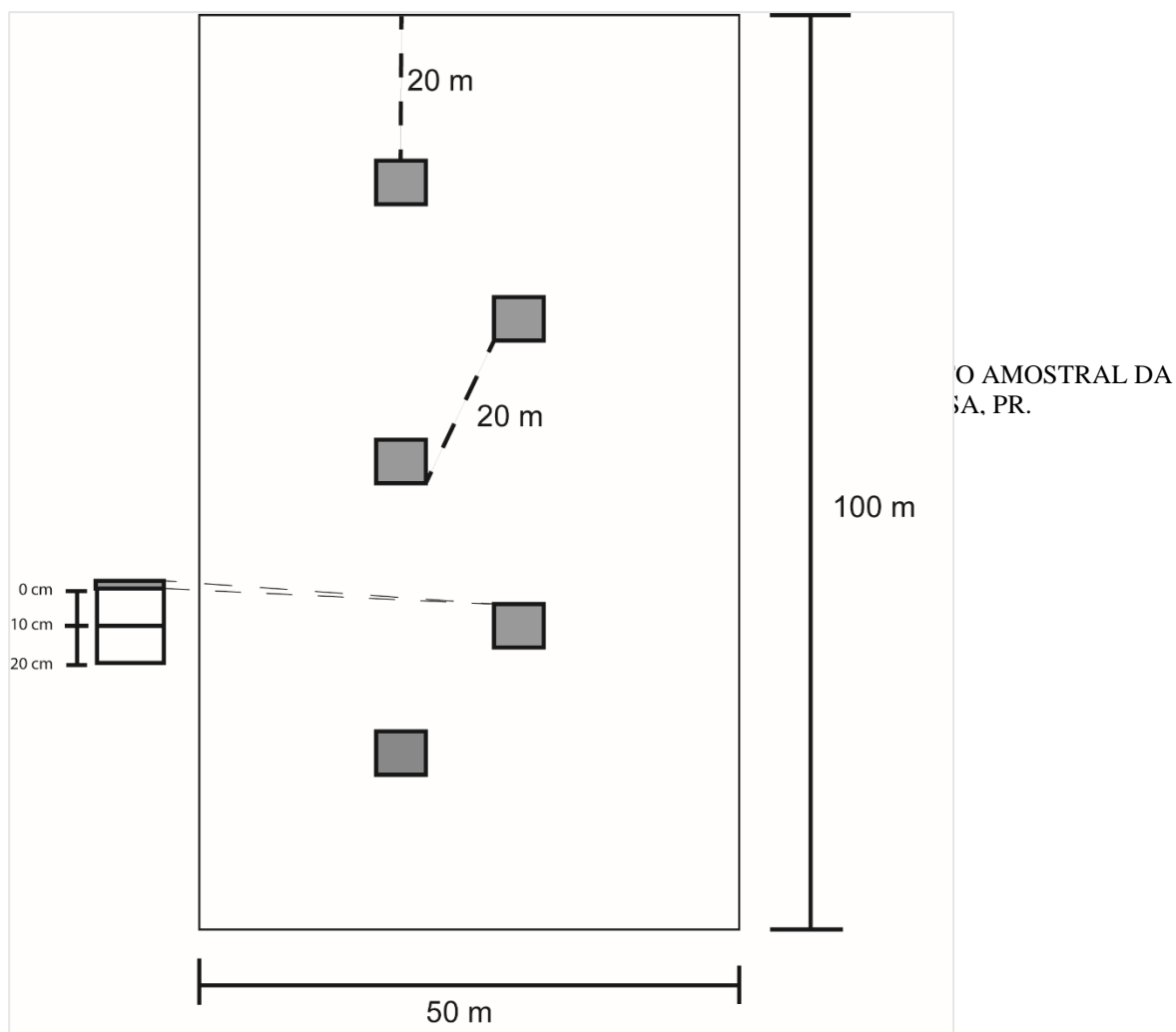
Em Ponta Grossa, para cada área (sete SUSo), foram delimitadas três parcelas de 50 x 100 m (0,5 hectare), distantes no mínimo 200 m entre si, dentro das quais foram extraídos cinco monólitos. Essas amostras foram distribuídas em um transecto central, distante 20 metros da borda da parcela, retiradas em zigue-zague sempre distantes, no mínimo, 20 m entre si e seguindo a inclinação da parcela (FIGURA 3) (ZAGATTO, 2014). Foram coletados 105 monólitos (sete SUSo x três parcelas x cinco monólitos). Todos os monólitos foram divididos, ainda, em estratos - níveis 0, I e II (serapilheira, 0-10 cm, 10-20 cm, respectivamente), totalizando 315 unidades amostrais por estação do ano (630 amostras totais).

Em Santa Catarina, em cada um dos três municípios escolhidos por região (SMO, CHAP e XAN – Oeste; OTC, STS e CBS – Planalto) foi escolhida uma área representativa de cada um dos cinco sistemas de uso (CN, EU, F, ILP e PD). Nessas áreas foram implementadas grades amostrais de um hectare (100 x 100 metros), com 20 m de bordadura e 30 m entre os pontos amostrados, totalizando nove pontos. Em cada ponto foi extraído um monólito e instalada uma armadilha *pitfall* (distante um metro do monólito) (FIGURA 4). O *pitfall* era constituído por recipiente com capacidade para 200 ml, preenchido até metade (100 ml) com água e detergente, enterrado com a abertura ao nível do solo e mantido em campo por 72 horas. Foram extraídas 270 amostras de TSBF e 270 de *pitfall* (três municípios x cinco SUSo x nove monólitos x duas regiões) por estação (1080 amostras totais).

Após a coleta, os monólitos de todas as localidades foram transportados em sacos plásticos devidamente identificados e triados em laboratório com auxílio de materiais ópticos (lupa), iluminação artificial e bandeja branca. O processamento se deu o mais breve possível para evitar perdas por ressecamento do material (ROSA, 2013; ZAGATTO, 2014).

A triagem inicial do material de Ponta Grossa foi realizada pelos funcionários, graduandos e pós-graduandos do Laboratório de Ecologia de Solos da Embrapa Florestas, Colombo, PR, que separaram a macrofauna até o nível taxonômico de Ordem. O material foi mantido separado por ponto/estratos e acondicionado em frascos contendo álcool a 70%, sendo posteriormente separado em nível de Família no laboratório de Entomologia da Embrapa Florestas. O material proveniente de Santa Catarina foi processado no Laboratório de Solos e Sustentabilidade da UDESC, Chapecó, SC e acondicionado em frascos contendo álcool a 80% separados por pontos de coletas e identificado em nível de Família.

FIGURA 3 – DESENHO ESQUEMÁTICO DO DELINEAMENTO AMOSTRAL DA RETIRADA DE MONÓLITOS EM PONTA GROSSA, PR.

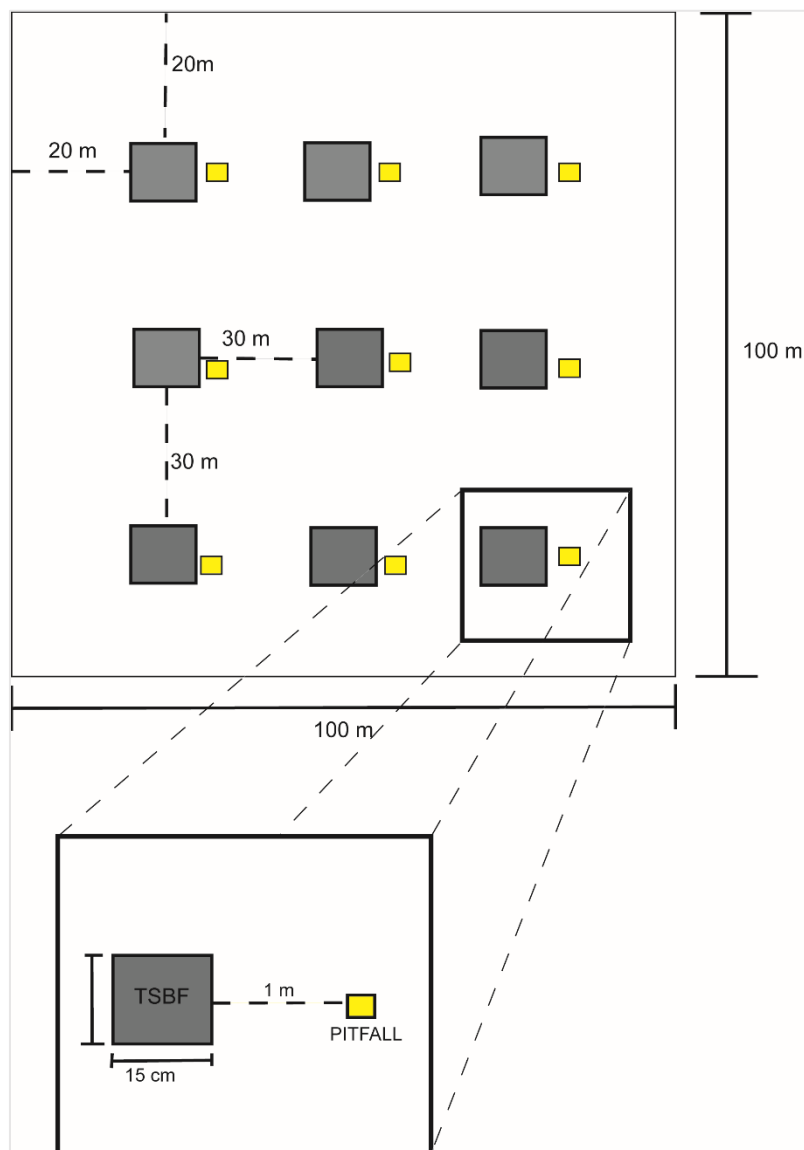


FONTE: Adaptado de ZAGATTO, 2014.

As formigas de todas as áreas foram enviadas ao Laboratório de Sistemática e Biologia de Formigas da Universidade Federal do Paraná (UFPR), onde o material foi montado, morfoespeciado e identificado a nível específico, sempre que possível. Para a identificação a nível genérico seguimos o Guia para os Gêneros de Formigas do Brasil (BACCARO et al., 2015) e seguimos suas sugestões de chaves de identificação de espécies. Especialistas foram consultados para a confirmação das espécies (Alexandre C. Ferreira, Gabriela P. Camacho, John E. Latke, Mayron Escárraga, Rodrigo M. Feitosa e Thiago S. R. da Silva) e sempre que necessário comparações com o material depositado na Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure (DZUP), local de depósito do material testemunho

do presente estudo, foram realizadas. Quando não foi possível atribuir nome às espécies, as mesmas foram mantidas como morfoespécie.

FIGURA 4 – DESENHO ESQUEMÁTICO DO DELINEAMENTO AMOSTRAL APLICADO ÀS ÁREAS EM SANTA CATARINA.



FONTE: Adaptado de ROSA (2013); BARTZ et al. (2014a) e ROSA et al. (2015).

## 2.4 Análise dos dados

Os dados foram organizados em duas matrizes de presença e ausência, uma para Ponta Grossa e uma para Santa Catarina, devido às diferenças no delineamento amostral. Como a retirada de amostras em épocas diferentes se deu apenas para aumentar o poder de

amostragem, as presenças das espécies nas unidades amostrais foram consideradas apenas uma vez, independentemente da estação em que foram coletadas, assim como feito por Brandão et al. (2011).

#### 2.4.1 Análise da riqueza

A riqueza observada ( $S_{obs}$ ) de cada método, e dos estratos, foi comparada com dados gerados pelos estimadores de riqueza Jackknife1 e Bootstrap; o primeiro estima a riqueza a partir da presença de espécies que ocorrem em apenas uma amostra (uniques) e o segundo é calculado com base em todas as espécies, não atribuindo maior valor às raras.

Foram elaborados gráficos de Fisher, partir dos quais foram estabelecidas as proporções entre as espécies raras (nesse caso, chamamos de raras as que possuem apenas um registro) coletadas em cada método (*pitfall* e TSBF) e em cada estrato. Estas foram comparadas ao número total de espécies coletadas e submetidas a um teste Chi-quadrado para proporções (NEWCOMB, 1998). Além das espécies raras, avaliamos as proporções de espécies exclusivas (que foram coletadas em apenas um método ou estrato). As comparações entre as proporções foram realizadas no intuito de avaliar quanto de espécies raras, exclusivas e raras e exclusivas podem ser coletadas em cada método e estrato.

Foram elaboradas curvas de rarefação com extrapolação e interpolação - que reduzem o enviesamento originado pela incidência de espécies raras (CHAO et al. 2014), tanto para os métodos quanto para os estratos.

Como critério para determinar as espécies subterrâneas, utilizamos as espécies coletadas exclusivamente pelo TSBF. Estas, a princípio, não seriam coletadas pelo *pitfall* (que coleta preferencialmente espécies epigeicas). Também utilizamos as espécies exclusivas dos estratos I e II, já que a constatação da ocorrência apenas nestas profundidades caracteriza, inicialmente, o hábito subterrâneo.

#### 2.4.2 Modelos de presença

A fim de avaliar a capacidade de coleta de formigas subterrâneas pelo método TSBF, utilizamos os dados originados das coletas de Ponta Grossa, pois estes apresentam estratificação (separação em camadas). A estratificação nos permite avaliar a presença de formigas nos diferentes estratos, informando não só a riqueza destes como aspectos sobre a biologia (relacionados à “preferência de ocorrência”) das espécies que ali habitam.



Para tanto, utilizamos um Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM) no intuito de verificar se a presença de formigas nos estratos era homogênea (propiciando igual probabilidade de sucesso de coleta nos estratos). O modelo foi elaborado a partir da proporção de ocorrência de formigas nas parcelas (variando de 0 a 5, em meio hectare), tendo os estratos como variáveis fixas e os SUSo como variáveis aleatórias. O modelo foi comparado por máxima verossimilhança e os dados avaliados para *overdispersion*, assumindo distribuição binomial. As análises e os gráficos foram realizados na plataforma R (versão 3.1.3, R-CORE-TEAM 2016) com os pacotes *vegan*, *car*, *MASS*, *iNEXT* e *lme4*.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Riqueza e frequência das espécies

Foram coletadas 285 espécies de formigas, considerando todos os municípios amostrados e os distintos métodos (*pitfall* e TSBF). Estas espécies estão distribuídas em 49 gêneros e 10 subfamílias (APÊNDICE A). As subfamílias mais representativas, em número de espécies, foram: Myrmicinae, com 175 (61,4% das espécies coletadas); Formicinae, 39 (13,7%); e Ponerinae, com 32 espécies (11,2%). Os gêneros mais especiosos foram *Pheidole*, 98 espécies (34%), *Solenopsis* e *Hypoponera* com 22 espécies (7,7% cada).

Em Santa Catarina foram coletadas 238 espécies, considerando os dois métodos (*pitfall* e TSBF). O número de espécies coletadas por município variou de 94 (em Xanxerê) a 111 em Santa Terezinha do Salto/Lages (APÊNDICE A), e foram coletadas 172 espécies na região Planalto e 170 na Oeste. Em relação aos métodos, o *pitfall* coletou 202 espécies e obteve 1585 registros de ocorrência, enquanto o TSBF coletou 149 espécies, com 769 registros (TABELA 2). Do total, 89 espécies foram coletadas somente no *pitfall* (51,7% delas compostas por espécies de *Pheidole*) e 36 somente no TSBF (APÊNDICE A). As três espécies mais frequentes no *pitfall* foram *Pachycondyla striata* Smith, 1858, *Pheidole subarmata* Mayr, 1884 e *Linepithema micans* (Forel, 1908), com 109, 97 e 71 ocorrências, respectivamente. No TSBF as espécies com maior número de registros foram *Hypoponera* sp. 1, *Hypoconera* sp. 8 e *Pheidole subarmata*, com 60, 57 e 42 ocorrências.

Em Ponta Grossa, onde o método de coleta utilizado foi exclusivamente o TSBF, foram coletadas 101 espécies (APÊNDICE A), sendo observadas 44, 88 e 52 espécies para os estratos 0, I e II (TABELA 3), com 97, 301, 121 registros de ocorrência, respectivamente. Do total de espécies, quatro foram coletadas exclusivamente no estrato 0, 30 apenas no estrato I e cinco no estrato II (APÊNDICE A). As espécies mais frequentes foram *Hypoconera* sp. 1, *Brachymyrmex* sp. 5 e *Pheidole cavifrons* Emery, 1906, com 53, 25 e 16 registros de ocorrência. Quanto aos estratos, na serapilheira (estrato 0) as três espécies mais frequentes foram *Hypoconera* sp. 1, com 12 registros; *Brachymyrmex* sp. 1 e *Brachymyrmex* sp. 5, com sete registros cada. No estrato I (0-10 cm), as espécies mais frequentes foram *Hypoconera* sp. 1, *Hypoconera* sp. 3 e *Brachymyrmex* sp. 3, com 29, 17 e 14 registros, respectivamente. No estrato II (10-20 cm), a maior frequência foi registrada para *Hypoconera* sp. 1, *Brachymyrmex* sp. 5 e *Pheidole cavifrons*, com 12, 8 e 7 registros.

TABELA 2 – LISTA DAS RIQUEZAS OBSERVADAS (Sobs) E ESTIMADAS (ESTIMADORES JACKKNIFE 1 – Jack1 E BOOTSTRAP - Boot) E NÚMERO DE ESPÉCIES EXCLUSIVAS PARA OS MÉTODOS *PITFALL* E TSBF, AMOSTRADOS EM SANTA CATARINA.

Método	S <sub>obs</sub>	Jack1	Boot	Exclusivas
<i>Pitfall</i>	202	260	227	89
TSBF	149	213	176	36
Total	238	294	323	-

FONTE: A autora, 2017.

As curvas do coletor, para os métodos, demonstram que seria necessário um maior esforço para se alcançar a assíntota (embora esta esteja aparentemente próxima) e que o número de espécies acumuladas, por unidade amostral, foi maior no *pitfall* do que no TSBF (GRÁFICO 1A). Com relação aos valores observados e estimados para cada método: o *pitfall* coletou 77% e o TSBF 70% do estimado pelo Jackknife 1 e 89% e 84% do estimado pelo Bootstrap (TABELA 2). A extrapolação da curva de rarefação do TSBF demonstra que se as espécies coletadas por este método possuísem frequências de ocorrência semelhantes às do *pitfall* a diversidade de espécies também seria semelhante (GRÁFICO 1B).

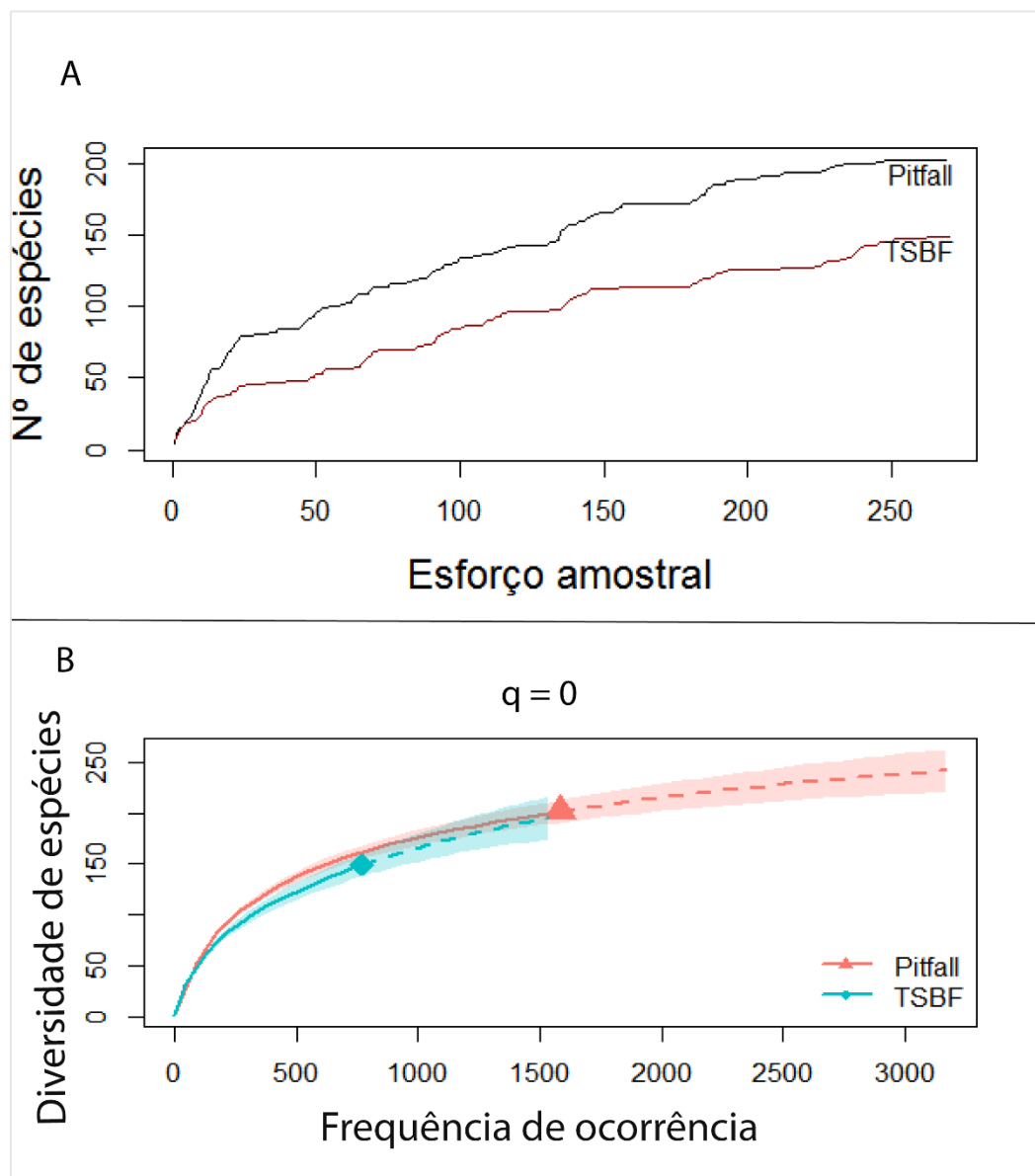
As curvas do coletor, para os estratos, realizadas com os dados de Ponta Grossa demonstram que sob um mesmo esforço amostral há uma maior adição de espécies no estrato I em relação aos demais (GRÁFICO 2A). As curvas de rarefação geradas a partir dos dados de ocorrência de formigas nos estratos mostram que o estrato I não só apresenta maior número de espécies como também maior frequência de ocorrência total de indivíduos em relação aos demais estratos (GRÁFICO 2B). Os números de espécies observadas aproximam-se dos valores estimados, principalmente pelo Bootstrap (TABELA 3). As espécies coletadas em cada estrato correspondem à 66%, 70% e 69% do estimado pelo Jackknife 1 (para os estratos 0, I e II respectivamente) e 81%, 83% e 83% pelo Bootstrap. Já o número total de espécies corresponde a 78% e 88% da estimativa por Jackknife 1 e Bootstrap, respectivamente.

TABELA 3 – LISTA DAS RIQUEZAS OBSERVADAS (Sobs) E ESTIMADAS (ESTIMADORES JACKKNIFE 1 – Jack1 E BOOTSTRAP - Boot) E NÚMERO DE ESPÉCIES EXCLUSIVAS OBTIDAS PARA OS ESTRATOS O (*SERAPILHEIRA*), I (0 A 10 CM) E II (10 A 20 CM).

Estratos	Sobs	Jack1	Boot	Exclusivas
0	44	66	54	4
I	88	125	106	30
II	53	77	64	5
Total	101	129	114	-

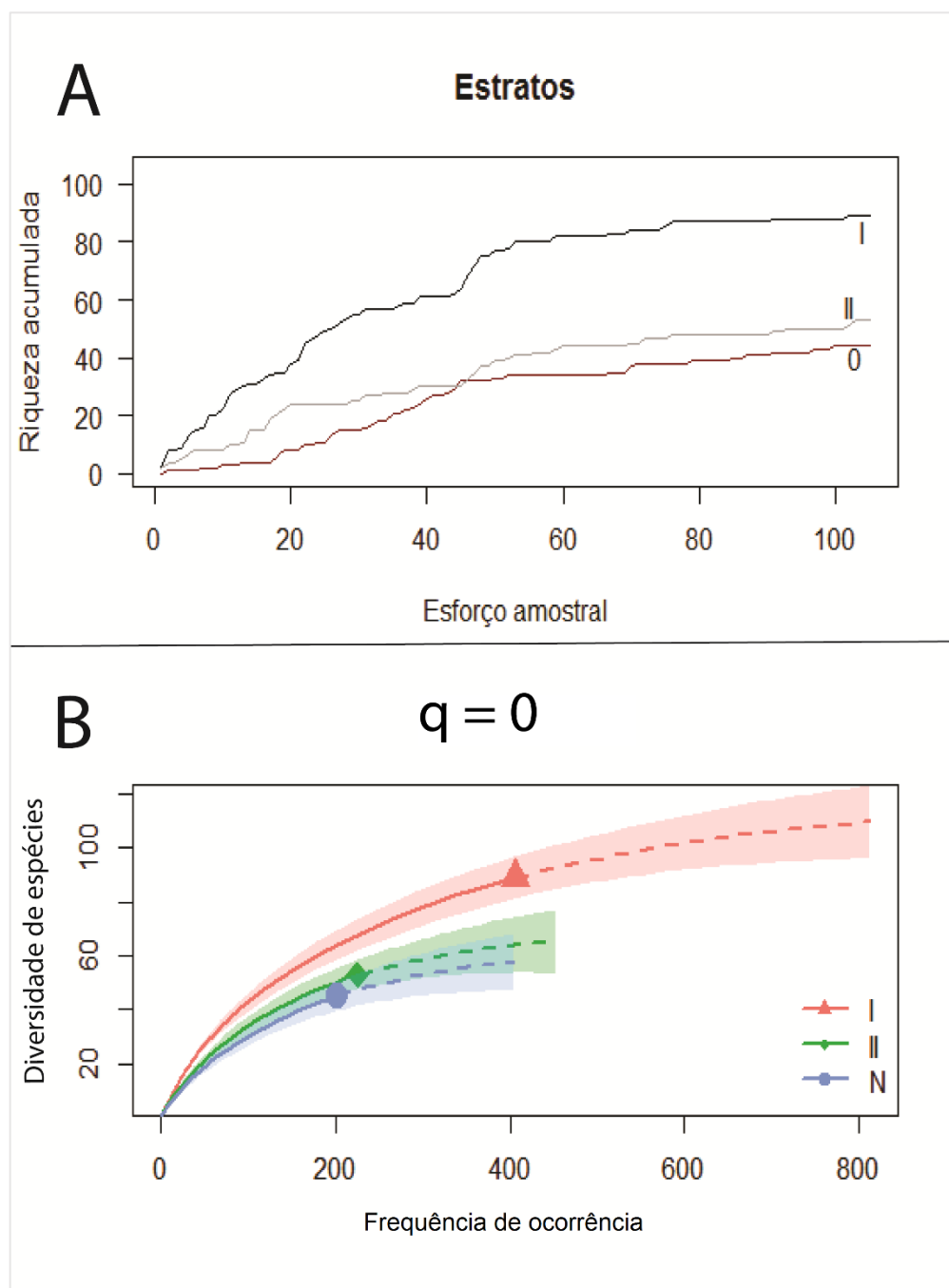
FONTE: A autora, 2017.

GRÁFICO 1 – ACUMULAÇÃO DE ESPÉCIES AMOSTRADAS PELOS MÉTODOS *PITFALL* E *TSBF*, UTILIZADOS EM SANTA CATARINA. A) CURVA DO COLETOR. B) CURVAS DE RAREFAÇÃO COM BASE NOS REGISTROS DE OCORRÊNCIA, ELABORADA A PARTIR DO NÚMERO DE ESPÉCIES ( $q = 0$ ).



FONTE: A autora, 2017.

GRÁFICO 2 – ACUMULAÇÃO DE ESPÉCIES AMONSTRADAS NOS DIFERENTES ESTRATOS NAS ÁREAS DE PONTA GROSSA, PR. A) CURVA DO COLETOR. B) CURVAS DE RAREFAÇÃO COM BASE NOS REGISTROS DE OCORRÊNCIA.



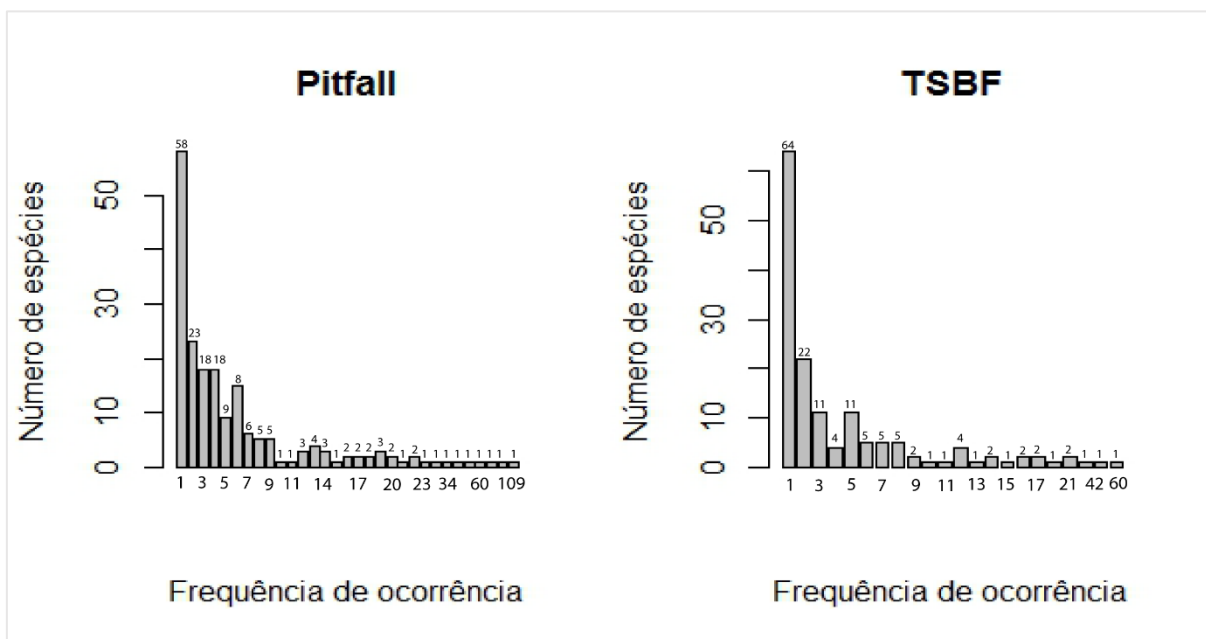
FONTE: A autora, 2017.

### 3.2 Desempenho do método TSBF na coleta de formigas

Quando olhamos os gráficos de Fisher estes evidenciam que o *pitfall* coletou um menor número de espécies raras (58) em relação ao TSBF (64) (GRÁFICO 3). Esses números correspondem a proporções diferentes ( $\chi^2 = 7.05$ ,  $p = 0.007$ ,  $gl = 1$ ), equivalendo a 28,7% e

42,9%, respectivamente, do total de espécies coletadas em cada método. Se assumirmos como total o número de espécies exclusivas (89 e 36, para *pitfall* e TSBF, respectivamente) e avaliarmos a proporção de espécies raras (34 e 21), obtemos proporções significativamente semelhantes de 38,2% para o *pitfall* e 58,3% para o TSBF ( $\chi^2 = 3.44$ ,  $p = 0.0637$ ,  $gl = 1$ ).

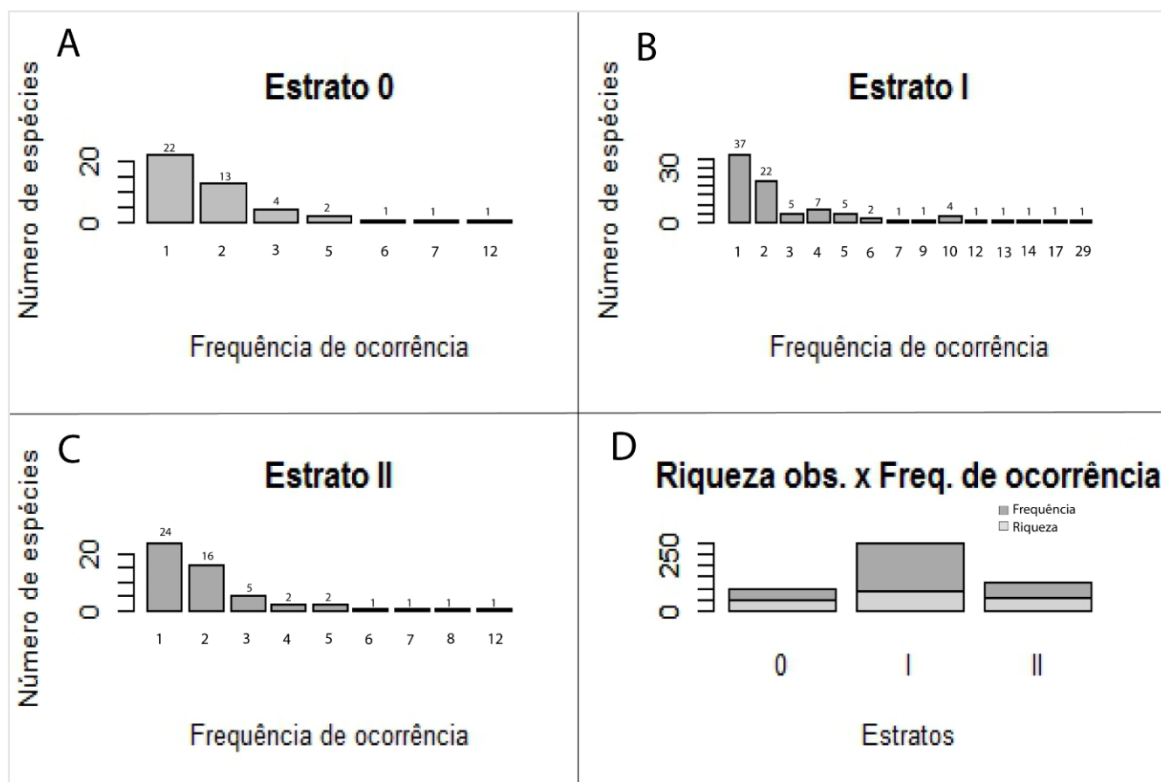
GRÁFICO 3– GRÁFICOS DE FISHER MOSTRANDO A RELAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE ESPÉCIES RARAS COLETADAS E AS CLASSES DE ABUNDÂNCIA PARA CADA MÉTODO NOS MUNICÍPIOS DE SANTA CATARINA.



FONTE: A autora, 2017.

Os números de espécies raras para os estratos, demonstradas pelos gráficos de Fisher, correspondem a 22 para o estrato 0, 37 para o estrato I e 24 para o estrato II (GRÁFICO 4A, B e C). Essas espécies, correspondem à 50%, 42,1% e 46,1% do total de espécies coletadas em cada estrato. O gráfico da riqueza observada ( $S_{obs}$ ) e frequência de ocorrência por estrato (GRÁFICO 4D) demonstra que no estrato I há uma maior quantidade de espécies que ocorrem mais frequentemente. Observamos que o estrato I teve maior número de frequências ocorrências pois, dentre os avaliados, é o estrato com a maior ocorrência de formigas (GLMM, Binomial,  $z = 5.239$ ,  $df=4$ ,  $p < 0.05$ ), com probabilidade de ocorrência de formigas de 86,10% em relação ao total de amostras.

GRÁFICO 4 – A-C) GRÁFICOS DE FISHER PARA CADA ESTRATO AMOSTRADO EM PONTA GROSSA, PR. D) GRÁFICO COMPARATIVO DAS RIQUEZA OBSERVADA ( $S_{obs}$ ) E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA ENTRE OS ESTRATOS.



FONTE: A autora, 2017.



## 4 DISCUSSÃO

Somando-se o número de espécies subterrâneas, das três regiões do presente trabalho, chegamos à 67 espécies (28,5% do total) (APÊNDICE A). Em Ponta Grossa, identificamos 35 espécies coletadas exclusivamente abaixo da superfície (subterrâneas), sendo 30 espécies exclusivas para o estrato I (0-10 cm) e cinco para o estrato II (10-20 cm). Os resultados obtidos pelo GLMM demonstram que o estrato I, nesta localidade, foi melhor amostrado pois possui maior quantidade de formigas em relação aos demais. Outro trabalho que destacou uma maior ocorrência de formigas de 0 a 10 cm foi o desenvolvido por Andersen e Brault (2010). Wilkie et al. (2007), também obtiveram um maior número de espécies na camada até 12,5 cm e observaram um maior número de espécies exclusivas (19 espécies) neste estrato.

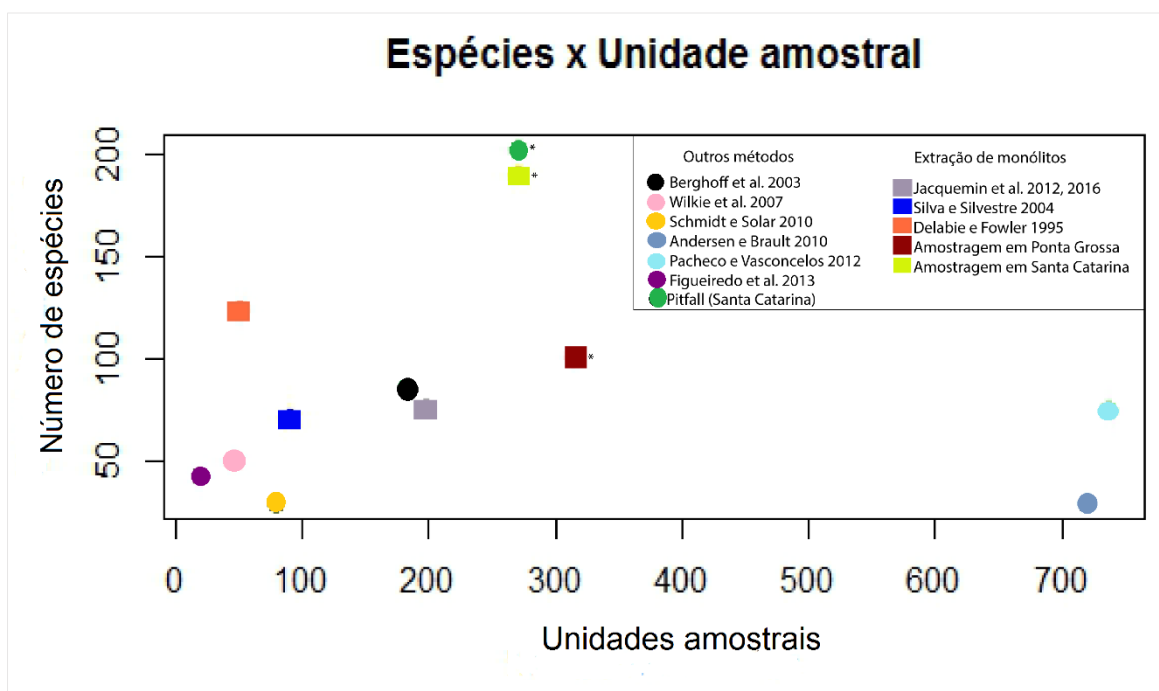
Dentre as espécies raras presentes apenas no estrato I encontram-se *Fulakora elongata* (Santschi, 1912), *Gnamptogenys reichenspergeri*, *Oxyepoecus plaumanni* Kempf 1974, *Pheidole radozskowskii* Mayr, 1884, *Pseudomyrmex gracilis* (Fabricius, 1804), *P. longus* (Forel, 1912) e *Tranopelta gilva* Mayr, 1866. Já no estrato II, uma das espécies exclusivas e raras encontrada foi *Neivamyrmex* sp1. Boa parte destas espécies é desconhecida com relação à biologia. Neste sentido, a utilização do TSBF como método de amostragem de formigas pode contribuir consideravelmente para obtenção de dados de ocorrência (e “preferência” de ocorrência entre estratos), nidificação e composição de espécies nas distintas camadas do solo. Isso porque a triagem (do monólito estratificado) propicia uma observação praticamente *in loco* dos organismos coletados.

O número de espécies coletadas em Ponta Grossa neste trabalho é relativamente alto. Podemos afirmar isto se compararmos o número de espécies que coletamos com as espécies coletadas em outros trabalhos, em que foram utilizados métodos de coleta de formigas hipogeicas (GRÁFICO 5) (para detalhes, ver TABELA 1). Além disso, as 101 espécies amostradas nesta localidade correspondem a 78% e 88% do estimado (Jackknife e Bootstrap, respectivamente). Este elevado número de espécies pode ser não só devido ao método de amostragem utilizado (que consegue amostrar de forma satisfatória o estrato com maior ocorrência de formigas), mas também um reflexo do tipo de formação vegetacional. As áreas de campos de altitude, incluindo as áreas dos Campos Gerais, são extremamente antigas e estáveis. Esta característica acaba atribuindo à área um maior número de espécies e maiores taxas de endemismo (OVERBECK et al, 2007; VELDMAN et al, 2015).

Como a utilização do TSBF é amplamente difundida, gera um grande volume de material coletado. O estudo das formigas presentes neste material incrementaria significativamente o conhecimento da riqueza de espécies (especialmente as subterrâneas) em áreas sob pressão antrópica (caso das regiões estudadas, em especial dos Campos Gerais paranaenses).

O número total de espécies que observamos em cada município de Santa Catarina está bem próximo do observado em outros estudos já feitos nessas regiões (ver: SILVA; SILVESTRE, 2004; ULYSSÉA et al., 2011; LUTINSKI et al., 2013). Dentre as espécies registradas pela primeira vez para a região Planalto, e coletadas apenas por TSBF, encontram-se: *Acropyga decedens* (Mayr, 1887), *Fulakora armigera* (Mayr, 1887), *Gnamptogenys reichenspergeri* (Santschi, 1929), *Neocerapachys splendens* (Borgmeier, 1957), *Proceratium brasiliense* Borgmeier, 1959, *Sphinctomyrmex stali* Mayr, 1866 e *Typhlomyrmex major* Santschi, 1923. Para a região Oeste não foram encontrados novos registros.

GRÁFICO 5 – RELAÇÃO ENTRE ESPÉCIES E UNIDADES AMOSTRAIS NOS TRABALHOS REALIZADOS COM AMOSTRAGEM DE FORMIGAS SUBTERRÂNEAS ATÉ 2016. (\*) INDICA O PRESENTE TRABALHO



Fonte: A autora, 2017.

Pouco se sabe sobre a biologia de *F. armigera*, assim como das demais espécies supracitadas. O baixo número de espécimes coletados, aliado à baixa representatividade em coleções e o consequente desconhecimento a respeito da biologia das espécies, podem ser

atribuídos à utilização de métodos inadequados de amostragem para espécies do estrato hipogeico (BRANDÃO et al., 2008). Além destas espécies, também foram coletadas exclusivamente no TSBF: *Acanthognathus ocellatus* Mayr, 1887; *Neivamyrmex* sp.1, *Rasopone ferruginea* (Smith, 1858) e *Simopelta curvata* (Mayr, 1887).

Como demonstrado, a coleta com *pitfall* captura um maior número de espécies e registra uma maior frequência de ocorrência. Porém, quando avaliamos o número de espécies raras, no TSBF é superior (42,7% das espécies amostradas). Isso pode ter ocorrido pelo fato de que as armadilhas *pitfall* permaneceram 72 horas em campo, aumentando a probabilidade de espécies ocorrerem mais de uma vez e aumentando o número de espécies (como constatado por LASMAR et al., 2017). Além disso, em Santa Catarina, 36 espécies foram coletadas exclusivamente pelo TSBF. Estas correspondem à 15% do total de espécies nas regiões Oeste e Planalto. Ou seja, 15% das espécies amostradas nestas regiões, no presente trabalho, não seriam registradas caso não houvesse a associação de um método de amostragem específico para o estrato hipogeico.

## 5 CONCLUSÃO

Mais de um quarto (28,5%) das espécies identificadas, no presente trabalho, são subterrâneas e a maioria delas pode ser considerada pouco frequente. Consideramos o critério “exclusividade” (estrato e/ou método) um bom indicador do hábito subterrâneo. No entanto, a delimitação das espécies subterrâneas somente foi possível com a associação de métodos de coleta (para formigas epi e hipogeicas). Além disso, constatamos que na região dos Campos Gerais (em Ponta Grossa) o estrato de 0-10 cm é onde ocorre naturalmente a maior quantidade de formigas. Este fato, concomitante ao número de espécies obtidas através da amostragem pelo método TSBF, indica uma possível eficiência do método na coleta de formigas subterrâneas.

A ausência de novos registros para a região Oeste pode ser atribuída ao número de trabalhos já realizados na mesma, desde Fritz Plaumann. Já para a região Planalto de Santa Catarina, assim como na região dos Campos Gerais paranaenses, há poucos estudos. Esse fato é preocupante, tendo em vista a pressão antrópica a qual estas regiões estão submetidas e a importância que fitofisionomias campestres possuem. São regiões que estão perdendo intensamente suas características naturais para a produção agrícola. Assim, a utilização do método TSBF em avaliações da diversidade (por ser um método disseminado em estudos de qualidade do solo, facilitando a aceitação de produtores para desenvolvimento de pesquisas em suas áreas), pode ser promissor. Especialmente para avaliarmos o impacto da utilização do solo sobre espécies subterrâneas.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, A. N.; BRAULT, A. Exploring a new biodiversity frontier: subterranean ants in northern Australia. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, n., p. 2741-2750. 2010. doi: 10.1007/s10531-010-9874-1
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. In: Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. 2. ed. Wallingford, C.A.B. International, 1993. 240p
- BACCARO, F. F.; FEITOSA, R. M.; FERNÁNDEZ, F.; et al.. **Guia para os Gêneros de formigas do Brasil**. Editora INPA ed. Manaus: Zenodo, 2015.
- BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; DA ROSA, M. G.; et al.. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 83, p. 59–70, 2014a. Elsevier BV.
- BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ORSO, R.; et al.. The influence of land use systems on soil and surface litter fauna in the western region of Santa Catarina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 5spe, p. 880–887, 2014b. FapUNIFESP (SciELO).
- BENAZZI, E. D. S.; BIANCHI, M. D. O.; CORREIA, M. E. F.; et al.. Impactos dos métodos de colheita da cana-de-açúcar sobre a macrofauna do solo em área de produção no Espírito Santo – Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6Supl1, p. 3425, 2013. Universidade Estadual de Londrina.
- BERGHOFF, S. M.; MASCHWITZ, U.; LIENMAIR, K. E. Hypogaieic and epigaieic ant diversity on Borneo: evaluation of baited sieve buckets as a study method. **Tropical Zoology**, v. 16, n. 2, p. 153-163, 2014. doi: 10.1080/03946975.2003.10531192
- BESTELMEYER, B.T.; AGOSTI, D.; ALONSO, L. E.; et al.. **Field Techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description and evaluation**. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R (Ed.). *Ants- Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington and London: Smithsonian Institution Press. 2000, p. 122-144.
- BIHN, J. H.; VERHAAGH, M.; BRÄNDLE, M. & BRANDL, R. Do secondary forests act as refuges for old growth forest animals? Recovery of ant diversity in the Atlantic forest of Brazil. **Biological Conservation**, v. 141, n., p. 733-743, 2008. doi:10.1016/j.biocon.2007.12.028
- BOLTON, B. Formicidae. Disponível em: <<http://www.antcat.org>>. Acesso em: 23/1/2017.
- BRANDÃO, C. R. F.; FEITOSA, R. M.; SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C. Rediscovery of the putatively extinct ant species *Simopelta minima* (Brandão) (Hymenoptera, Formicidae), with a discussion on rarity and conservation status of ant species. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 3, p. 480–483, 2008. FapUNIFESP (SciELO).
- BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R.; FEITOSA, R. M. Cerrado ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) as indicators of edge effects. **Zoologia (Curitiba, Impresso)**, v. 28, n. 3, p. 379–387, 2011. FapUNIFESP (SciELO).

BROWN, G. G.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; et al.. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems: a preliminary analysis. International Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems. **Anais...**p.20, 2001. Londrina: Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.465.2819&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 24/10/2016.

CHAO, A.; GOTELLI, N. J.; HSIEH, T. C.; et al. Rarefaction and extrapolation with hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. **Ecological Monographs**, v. 84, n. 1, p. 45–67, 2014. Wiley-Blackwell.

CORREIA, D. S. **Fauna edáfica como indicadora em ambiente reconstruído após mineração de carvão**, 2010 [Dissertação]. Universidade do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <[http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UDSC\\_f2c70602bc9afaa95931e184f8461439](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UDSC_f2c70602bc9afaa95931e184f8461439)>. Acesso em: 24/1/2017.

DELABIE, J. H. C.; FOWLER, H. Soil and litter cryptic ants assemblages of bahian cocoa plantations. **Pedobiologia**, v. 39, p. 423–433, 1995.

FIGUEIREDO, C. J.; SILVA, R. R.; MUNHAE, C. B.; MORINI, M. S. C. Fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) atraídas a armadilhas subterrâneas em áreas de Mata Atlântica. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 1, p. 176-182, 2013. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn01413012013>>. Acesso em: 23 set 2014.

IAPAR. Cartas climáticas básicas do estado do Paraná. Londrina, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1978.

IBGE. Bases Cartográficas. 2016. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>. Acesso em: 25 jul. 2015.

JACQUEMIN, J.; DROUET, T.; DELSINNE, T.; et al.. Soil properties only weakly affect subterranean ant distribution at small spatial scales. **Applied Soil Ecology**. v. 62, n., p. 163-169, 2012. doi: 10.1016/j.apsoil.2012.08.008.

JACQUEMIN, J.; ROISIN, Y.; LEPOUCE, M.. Spatio-temporal variation in ant (Hymenoptera: Formicidae) communities in leaf-litter and soil layers in a premontane tropical forest. **Myrmecological News**, [s.l.], n. 22, p.129-139, dez. 2015

KLENK, L. A.; ZAWADNEAK, M. A. C.. Cupins, Formigas e Minhocas como Indicadores de Recuperação da Qualidade de Solo sob Processo de Conversão - Pinhais (PR). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 3571–3575, 2009.

LASMAR, C.; QUEIROZ, A.; RABELLO, A. et al. Testing the effect of pitfall-trap installation on ant sampling. **Insectes Sociaux**, 2017. <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00040-017-0558-7>> Acesso em: 10/ 4/ 2017

LIMA, S. S.; AQUINO, A. M. DE; LEITE, L. F. C.; et al.. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 322–331, 2010. Embrapa Informação Tecnológica. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000300013>>. Acesso em: 24/1/2017.

LONGINO, J. T. **What to do with the data**. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R (Ed.). *Ants- Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington and London: Smithsonian Institution Press. 2000, p. 122-144.

LOURENTE, E. R. P.; SILVA, R. F. DA; SILVA, D. A.; MARCHETTI, M. E.; MERCANTE, F. M. Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 1, 2007. Universidade Estadual de Maringá.

LUCKY, A; TRAUTWEIN, M. D.; GUÉNARD, B. S.; WEISER, M. D.; DUNN, R. R.. Tracing the Rise of Ants - Out of the Ground. **Plos One**, [s.l.], v. 8, n. 12, p.1-8, 26 dez. 2013. Disponível em: <Public Library of Science (PLOS)>. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0084012>>. Acesso em: 03 dez. 2016

LUTINSKI, J. A.; LOPES, B. C.; MORAIS, A. B. B. Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3, p. 332–342, 2013. FapUNIFESP (SciELO).

MAGURRAN, A. E. **Medindo a Diversidade Biológica**. Curitiba: Editora UFPR, 2011.

NEWCOMBE, R. G. Two-sided confidence intervals for the single proportion: comparison of seven methods. **Statistics in Medicine**, v. 17, p. 857–872, 1998.

PACHECO, R. & VASCONCELOS, H. L. Subterranean pitfall traps: Is it worth including them in your ant sampling protocol?. **Psyche**. 9 p. 2012. doi: 10.1155/2012/870794

RABELING, C.; BROWN, J.M. & VERHAAGH, M. Newly discovered sister lineage sheds light on early ant evolution. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.105, n. 39. p.14913- 14917, 2008.

ROSA, M. G. **Macrofauna do solo em diferentes sistemas de uso no oeste e planalto catarinense**, UDESC [Dissertação] 2013. Disponível em: <[http://www.cav.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/832/marcio\\_goncalves\\_da\\_rosa\\_osmar\\_klauber\\_filho\\_24\\_0.pdf](http://www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/832/marcio_goncalves_da_rosa_osmar_klauber_filho_24_0.pdf)>. Acesso em: 24/1/2017.

ROSA, M. G. DA; KLAUBERG FILHO, O.; BARTZ, M. L. C.; et al. Macrofauna Edáfica e Atributos Físicos e Químicos em Sistemas de Uso do solo no Planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1544–1553, 2015. FapUNIFESP (SciELO).

SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C. Methodological advances and remarks to improve the sampling of a hidden ant fauna. **Insectes Sociaux**. v. 57, n., p. 261-266, 2010. doi: 10.1007/s00040-010-0078-1.

SILVA, R. R.; SILVESTRE, R. Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos de Zoologia**.

São Paulo. v. 44, n. 1, p.1-11, 2004. Disponível em:  
<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0031-10492004000100001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0031-10492004000100001)>  
Acesso em: 25 set 2014.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524p.

WILKIE, K. T. R.; MERTL, A. L.; TRANIELLO, J. F. A. Biodiversity below ground: probing the subterranean ant fauna of Amazonia. **Naturwissenschaften**. v. 94, p. 725-731. 2007. doi: 10.1007/s00114-007-0250-2

ZAGATTO, M. R. G. Fauna edáfica em sistemas de uso do solo no município de Ponta Grossa- PR. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). 2014. 76p. Universidade Federal do Paraná. Disponível em  
<<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/35923/R%20-%20D%20-%20MAURICIO%20RUMENOS%20GUIDETTI%20ZAGATTO.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05 set 2014.



## **CAPÍTULO II – INFLUÊNCIA DE DIFERENTES SISTEMAS DE USO DO SOLO SOBRE A ASSEMBLEIA DE FORMIGAS EPIGEICAS E HIPOGEICAS NAS REGIÕES OESTE E PLANALTO DE SANTA CATARINA**

### **RESUMO**

Com a intensificação da produção agrícola e o crescente desgaste do solo, sistemas de uso mais sustentáveis têm sido implementados nas propriedades rurais. Além de sistemas mais conservacionistas, medidas de avaliação da qualidade do solo tem sido divulgadas. Dentre elas, podemos citar o monitoramento da qualidade do solo através da macrofauna. Dentre os componentes da macrofauna de solo, encontram-se as formigas. Estas podem ser boas indicadoras da qualidade de um ambiente pois possuem resposta rápida às alterações e são facilmente coletadas. No presente trabalho avaliamos a influência de diferentes sistemas de uso do solo sobre a riqueza e composição de formigas de solo (epigeicas e hipogeicas) em duas regiões de Santa Catarina. Foram cinco áreas de sistema de uso avaliadas (plantio de eucalipto, campo nativo pastejado, floresta nativa, plantio direto e sistema de integração lavoura-pecuária). Estas áreas foram amostradas em seis municípios (três pertencentes à região Oeste e três no Planalto). Os municípios foram considerados réplicas e em cada um deles foram demarcadas parcelas de um hectare de onde foram retirados 9 monólitos e instalados 9 pitfalls. As parcelas foram as unidades amostrais e as coletas ocorreram em julho e agosto de 2011 e dezembro 2011 e janeiro de 2012. Além da ação dos sistemas de uso, avaliamos a influência do período de coleta e das regiões. Foram avaliadas a riqueza (rankeamos a riqueza absoluta e a submetemos a uma ANOVA de três fatores) e a composição (utilizamos PERMANOVA e NMDS para ordenamento). Observamos influência dos sistemas de uso tanto na riqueza quanto na composição de espécies. As estações também influenciaram riqueza e composição e as regiões apenas a composição. Identificamos 235 espécies em todas as áreas. Fizemos um novo registro de espécie para o Brasil e dois registros de gêneros para Santa Catarina. Os piores índices de riqueza foram das áreas de integração lavoura-pecuária e plantio direto. Isto indica que, apesar de serem propagadas como formas sustentáveis de cultivo, não atuam de forma benéfica à fauna de formigas de solo. Em contrapartida, áreas de plantio de eucalipto, apesar de serem monoculturas de espécie exótica, apresentam riqueza e composição similares às áreas de floresta nativa.

**Palavras-chave:** Formigas de solo, sistemas de uso, TSBF, *pitfall*.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o intuito de minimizar os danos sofridos pelo excesso de utilização do solo, sistemas de produção mais conservacionistas, como o plantio direto e os sistemas de integração (ou sistemas agrossilvipastoris), vêm sendo amplamente difundidos como práticas sustentáveis (EVANS et al., 2011; ROSA et al., 2015). Diante do cenário de produção atual, mesmo com incentivo às práticas sustentáveis, os organismos de solo vêm sofrendo forte pressão devido ao uso intenso deste recurso, incluindo o emprego excessivo de agrotóxicos, pisoteio animal, tráfego de máquinas, seleção de monoculturas, entre outros (LAVELLE et al., 1997; BENNAZZI et al., 2013). Essas práticas compactam o solo e diminuem a quantidade e qualidade de recursos alimentares reduzindo a diversidade pedobiológica (LAVELLE et al., 2006; ROSSEAU et al., 2014).

A degradação do solo pode ser medida através da presença e/ou ausência de organismos vivos, mais especificamente da macrofauna (VARGAS; HUNGRIA, 1997; BENAZZI et al., 2013; ZAGATTO, 2014). A macrofauna de solo corresponde aos organismos com dois a vinte milímetros de diâmetro corporal e que possuem grande mobilidade e capacidade de transporte de materiais (VARGAS; HUNGRIA, 1997). Esta fauna é responsável pela ruptura de horizontes orgânicos e minerais, favorecendo a infiltração e percolação da água da chuva e a aeração do solo (BENAZZI et al., 2013; BOTINELLI et al., 2015). Dentre os organismos que compõem a macrofauna encontram-se as formigas, que são participantes ativas da dinâmica pedológica (LOBRY DE BRUYN, 1999, WINK et al, 2005; EVANS et al, 2011), sendo consideradas bioturbadoras *sensu stricto* (BOTINELLI et al, 2015).

Atualmente a família Formicidae conta com 13.222 espécies válidas, distribuídas em 334 gêneros e 17 subfamílias (BOLTON, 2016), ocorrendo na maioria dos ambientes terrestres, em todos os estratos (do interior do solo ao dossel das florestas) (LUCKY et al., 2013). Dentre os artrópodos, as formigas representam um dos grupos mais conspícuos e que possui grande importância na manutenção da qualidade do solo, devido ao elevado número de serviços ecossistêmicos prestados por elas (DEL TORO et al., 2012; SOLAR et al., 2016). São utilizadas como bioindicadores, pois respondem rapidamente ao estresse do meio; apresentam ampla distribuição e abundância local; são facilmente amostradas e sua identificação é relativamente mais simples que de outros táxons (MAJER, 1983; GREENSLADE; GREENSLADE, 1984; SPARLING; ANDERSEN, 1997; ANDERSEN et al., 2002).

Diversos estudos têm demonstrado o impacto que diferentes sistemas de manejo e produção agrícola têm sobre as formigas (ver: MARINHO et al., 2002; SCHMIDT; DIEHL, 2008; BRAGA et al., 2010; CUISSI et al., 2011; AUAD et al., 2012; BOSCARDIN et al., 2012; GOMES et al., 2013; SOLAR et al., 2016). No entanto, a maioria destes trabalhos analisou um único sistema de uso do solo (ex. plantio de eucalipto) em comparação com áreas nativas. Solar et al. (2016) foram os únicos (dentre os trabalhos citados) a analisar impactos de diferentes áreas de manejo sobre a composição e riqueza de formigas. Além disso, apenas Boscardin et al. (2012) avaliaram os impactos de sistemas de produção sobre as formigas na região sul.

Bartz et al. (2014a; 2014b) e Rosa et al. (2015) avaliaram o impacto de cinco sistemas de uso sobre as minhocas e a macrofauna de solo, em duas regiões de Santa Catarina. Estes autores encontraram diferentes gradientes de riqueza em função dos diferentes gradientes de manejo (estipulados a partir do nível de intervenção antrópica nas áreas). Mostraram que táxons específicos, dentro da macrofauna de solo, podem responder de maneiras distintas aos gradientes de intervenção. Porém, não avaliaram de forma específica o impacto sobre a mirmecofauna. Tendo em vista a importância das formigas na manutenção da qualidade do solo, o presente trabalho tem como objetivo comparar a diversidade (riqueza e composição) de formigas em diferentes sistemas de uso do solo em duas regiões de Santa Catarina - Planalto e Oeste.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

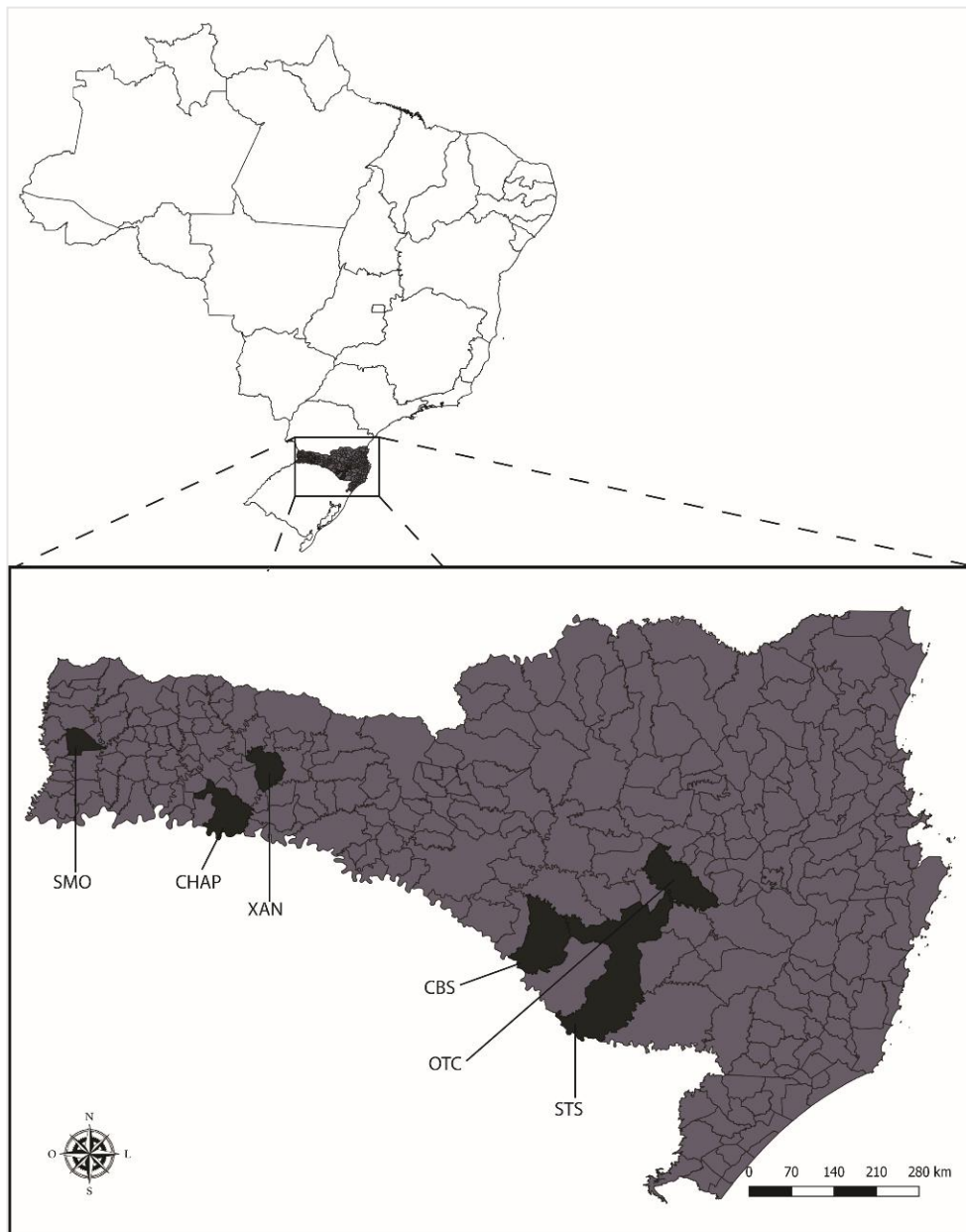
### 2.1 Áreas de estudo

A Região Sul do Brasil teve sua ocupação marcada pela expansão das fronteiras agrícolas e consequente transformação das paisagens (LIMA et al., 2006). O estado de Santa Catarina, sexto lugar entre os Produtos Internos Brutos (PIB's) brasileiros (IBGE, 2016), contribui expressivamente com a economia do setor primário através da produção de tabaco, maçãs, cebolas, grãos e madeira (BARTZ et al., 2014a). A recente colonização da região Oeste deste estado e a contínua exploração dos recursos madeireiros na região do Planalto Catarinense aumentaram consideravelmente o impacto sobre os recursos naturais locais, afetando diretamente a macrofauna do solo (BARTZ et al., 2014a, 2014b; ROSA et al., 2015).

Foram selecionadas áreas em três municípios de cada região. No Oeste foram amostradas áreas em Chapecó (CHAP), Xanxerê (XAN) e São Miguel do Oeste (SMO). No Planalto as áreas amostradas pertenciam aos municípios de Campo Belo do Sul (CBS), Otacílio Costa (OTC) e no distrito de Santa Teresinha do Salto (STS), em Lages (FIGURA 1). Estas regiões apresentam grande expansão da fronteira agrícola, principalmente do componente florestal (eucalipto) que tem substituído áreas de campos, florestas de araucárias e plantios diversos (ROSA et al. 2015).

De acordo com a classificação de Köppen, a região Planalto corresponde ao clima Cfb e Oeste corresponde ao clima Cfa. Ambas não possuem estação seca definida e chuvas distribuídas ao longo do ano; as temperaturas médias dos meses mais quentes situam-se abaixo de 22°C (Planalto) e acima de 22°C (Oeste) (BARTZ et al., 2014a). O estado está inserido no domínio Mata Atlântica, sendo a região Oeste composta predominantemente por florestas de araucárias com manchas de floresta semidecídua; o solo é formado por nitossolo argiloso e cambissolo. A região Planalto é composta por vegetação predominante de campos com capões compostos por floresta de araucárias; solos do tipo latossolo argiloso vermelho e marrom argiloso (ROSA et al., 2015).

FIGURA 1 – MAPA DE SANTA CATARINA COM INDICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS NOS QUAIS FORAM FEITAS AMOSTRAGENS. REGIÃO OESTE: SMO – SÃO MIGUEL DO OESTE, CHAP – CHAPECÓ E XAN - XANXERÊ; REGIÃO PLANALTO: CBS – CAMPO BELO DO SUL, OTC – OTACÍLIO COSTA E STS – SANTA TEREZINHA DO SALTO (LAGES).



FONTE: Adaptado de BARTZ et al. 2014a, 2014b e ROSA et al. 2015.

Foram selecionados cinco sistemas de uso (SUSo) em cada município, sendo os municípios as réplicas. Os sistemas de uso escolhidos foram: floresta nativa (F), plantio de eucalipto (EU), campo pastejado (CN), integração lavoura-pecuária (ILP) e plantio direto (PD) (BARTZ et al., 2014a). Os fragmentos de floresta nativa (F) eram pequenos medindo de 1,2 a 10,8 hectares e consistem em florestas secundárias de araucária (*Araucaria angustifolia*), intercalada por floresta ombrófila (no Planalto) e áreas de transição de floresta

semidecídua (no Oeste). As áreas de plantio de eucalipto (EU) (*Eucalyptus* sp.) variaram em tamanho de 1 a 6 hectares e possuíam de 4 a 21 anos de idade e algumas delas foram áreas de campos nativos anteriormente. O campo pastejado (CN) possui de 12 a 50 anos de pastejo e 1,9 a 7,6 hectares, sendo constituído por gramíneas nativas no Planalto e por gramíneas nativas, introduzidas ou uma combinação das duas no Oeste. As áreas de plantio direto (PD), geralmente cultivadas com soja (*Glicine* sp.), milho (*Zea mays*) e trigo (*Triticum* sp.) possuem idades que variam entre 4-18 anos desde adoção do método e 1,1 a 6,2 hectares de extensão. A integração-lavoura-pecuária (ILP) consiste na associação de plantios anuais (milho, trigo, soja) durante o verão e aveia (*Avena* sp.), trigo e gramíneas no inverno, usados para pastagem de gado (ver: BARTZ et al., 2014a; 2014b; ROSA et al., 2015).

Todas as áreas fizeram parte de um estudo de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso desenvolvido pelo Projeto SisBiota – SC (Processo 6.309/2011-6/FAPESC; Processo: 563251/2010-7/CNPq) da Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC) - Campus Chapecó, em que a fauna do solo é avaliada como indicadora da qualidade e reestruturação do solo em diferentes sistemas de uso.

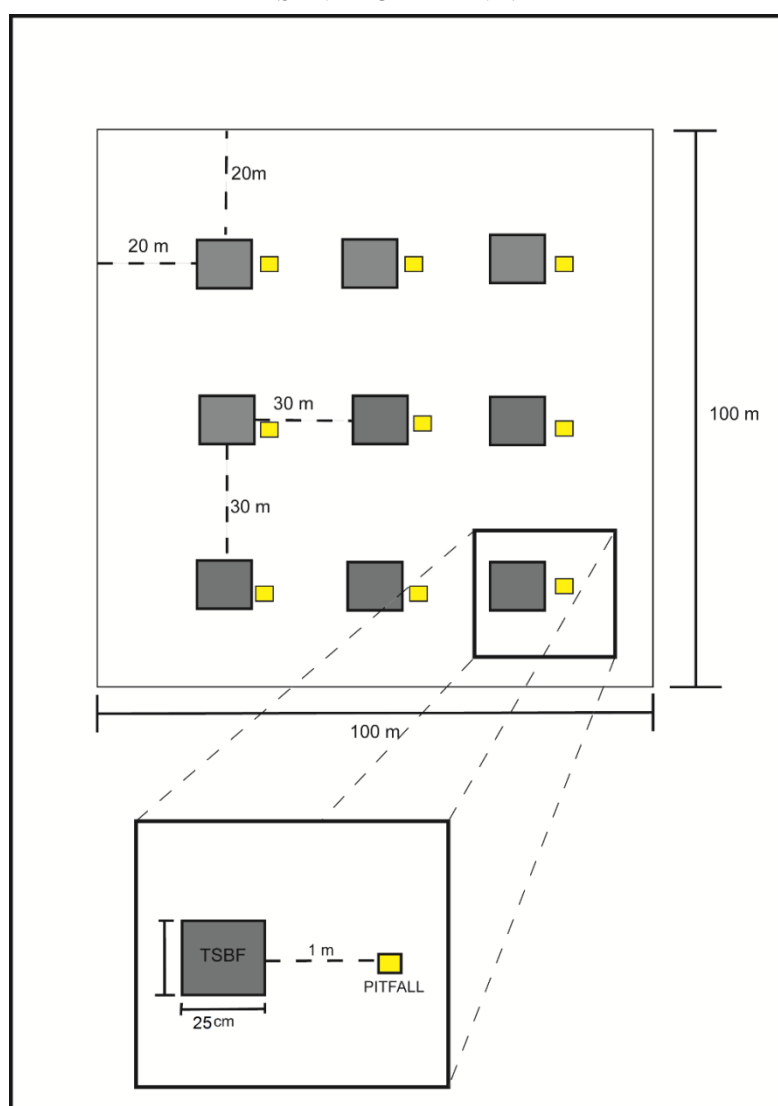
## 2.2 Delineamento e amostragem de formigas

Em cada área foi demarcado 1 hectare (100 m x 100 m), onde uma grade amostral foi delimitada e da qual foram retiradas nove monólitos de solo e instaladas nove armadilhas *pitfall*. Os pontos de amostragem estavam distantes 30 m entre si e 1 m entre TSBF e *pitfall*, distribuídas no centro da parcela a pelo menos 20 m da borda (BARTZ et al., 2014) (FIGURA 2). As áreas foram amostradas em dois períodos: de julho a agosto de 2011 (inverno) e de dezembro de 2011 a janeiro 2012 (verão). A amostragem da macrofauna hipogeica se deu pelo método TSBF (ANDERSON; INGRAM, 1993), que consiste na extração de um bloco de solo, com dimensões de 25 x 25 x 30 (comprimento x largura x profundidade). A macrofauna epigeica foi obtida a partir da utilização de *pitfall* (constituído de um recipiente de 200 ml de capacidade, preenchido até a metade com água e detergente, inserido ao nível do solo e mantido em campo por 72 horas). Foram obtidas amostras de diversos grupos taxonômicos e os resultados podem ser conferidos nos trabalhos de Bartz et al. (2014a e 2014b) e Rosa et al. (2015).

A triagem inicial foi realizada pelos alunos, estagiários e pós-graduandos do Laboratório de Solos e Sustentabilidade da UDESC - Chapecó. O material processado foi acondicionado em álcool a 80% e identificado em nível de Família. Os espécimes foram

montados, morfoespeciados e identificados a nível específico, sempre que possível, no Laboratório de Sistemática e Biologia de Formigas da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Foram utilizadas bibliografias especializadas (BACCARO et al., 2015) para gêneros e sugestões de chaves para espécies deste livro) e consultas a especialistas (Alexandre C. Ferreira, Gabriela P. Camacho, John E. Latke, Mayron Escárraga, Rodrigo M. Feitosa e Thiago S. R. da Silva) sendo o material depositado na Coleção Entomológica Padre Jesus Santiago Moure (DZUP).

FIGURA 2 – ESQUEMA DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL APLICADO ÀS ÁREAS DE SISTEMAS DE USO NAS REGIÕES PLANALTO E OESTE DE SANTA CATARINA.



FONTE: Adaptado de ROSA (2013); BARTZ et al. (2014a) e ROSA et al. (2015).

## 2.3 Análise dos dados

Os dados foram organizados em uma matriz de presença e ausência na qual as presenças das espécies nas unidades amostrais foram consideradas apenas uma vez independentemente do método em que foram coletadas e da repetição dentro da grade (como unidade amostral foi considerada a parcela de 1 ha com 9 *pitfalls* e 9 monólitos) (FIGURA 2).

A medida escolhida como parâmetro para avaliação da diversidade alfa foi a riqueza absoluta ( $S_{obs}$ ). Esta medida foi utilizada com a finalidade de gerar um gradiente de riqueza em função da intensidade de manejo das áreas amostradas (para detalhes dos manejos ver: BARTZ et al., 2014a; 2014b; ROSA et al., 2015). O intuito é avaliar se o padrão obtido para a riqueza de formigas entre as áreas corresponde aos gradientes de abundância encontrados por Bartz et al. (2014a; 2014b) e Rosa et al. (2015). A  $S_{obs}$  das áreas de sistema de uso foi comparada com a estimada pelos estimadores Jackknife1 e Bootstrap.

Além disso, a riqueza observada ( $S_{obs}$ ) das áreas foi submetida a uma Análise de Variância (ANOVA) de três fatores para avaliar a possível influência dos sistemas de uso, das regiões e estações sobre esta variável. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste Shapiro-Wilk e a variável resposta foi logaritimizada para atender às premissas da análise. Também realizamos um teste de Tukey para identificar possíveis diferenças entre os tratamentos.

Para avaliar se os SUSo, a região e o período de coleta têm influência na composição das espécies, foi realizada uma Análise Permutacional Multivariada das Variâncias (PERMANOVA) (ANDERSON, 2001). Para tanto, utilizamos a função *adonis* do pacote *vegan* na plataforma R (versão 3.1.3, R-CORE-TEAM 2016). Realizamos a PERMANOVA com base em 999 permutações, usada com as distâncias geradas a partir do índice de dissimilaridade de Jaccard – consistente com dados de presença/ausência (GOTELLI; ELLISON, 2011). Os dados foram avaliados em um modelo com as distâncias como variável resposta e os SUSo, as regiões (Oeste e Planalto) e as estações (inverno e verão) como variáveis independentes.

Tendo em vista que a PERMANOVA avalia o efeito das variáveis sobre a composição das espécies através da dissimilaridade, mas não distingue grupos, utilizamos as distâncias geradas por Jaccard para realizar um Escalonamento Multidimensional Não Ordenado (NMDS) (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998), para três eixos ( $k = 3$ ). Os gráficos foram plotados de acordo com a relevância da variável independente em relação à variável resposta (dissimilaridades), obtidas pelo PERMANOVA. As ordenações foram realizadas na plataforma R (versão 3.1.3, R-CORE-TEAM 2016) – pacotes utilizados: *vegan* e *MASS*.



### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Riqueza e frequência de espécies

Foram identificadas 238 espécies, distribuídas em 46 gêneros e 10 subfamílias. As subfamílias com o maior número de espécies foram Myrmicinae (149 espécies), Formicinae (32 espécies) e Ponerinae (25 espécies) e os gêneros mais ricos foram *Pheidole*, *Hypoponera* e *Solenopsis* (com 81, 19 e 17 espécies, respectivamente). As espécies *Pheidole subarmata* Mayr, 1884, *Pachycondyla striata* Smith, 1858, *Hypoconera* sp. 1 e *Hypoconera* sp. 8 foram as mais frequentes, ocorrendo 39, 37, 37 e 33 vezes, respectivamente, somando-se ocorrências no verão e no inverno.

Do total de espécies, 55 foram registradas apenas nas áreas de floresta nativa (F), 25 em áreas campo pastejado (CN), 13 em plantio de eucalipto (EU), seis em plantio direto (PD) e duas nas áreas de integração lavoura-pecuária (ILP). Estas espécies exclusivas correspondem à 42,4% do total de espécies. Entre as estações, o inverno teve um menor número de espécies registradas, 165, em relação ao verão, 216. O gradiente de riqueza obtido a partir das  $S_{obs}$  é representado por  $F > EU = CN > PD > ILP$  (ver TABELA 1).

TABELA 1 - NÚMERO DE ESPÉCIES OBSERVADAS EM CADA SISTEMA DE USO ( $S_{obs}$  - TOTAL), RIQUEZA OBTIDA PELOS ESTIMADORES JACKKNIFE 1 (JACK1) E BOOTSTRAP (BOOT) E NÚMERO DE ESPÉCIES OBSERVADAS POR REGIÃO (OESTE E PLANALTO - PLAN) E ESTAÇÃO (INV - INVERNO E VERÃO) EM CADA SISTEMA DE USO.

SUSo	$S_{obs}$	ESTIMADOR		REGIÃO		ESTAÇÃO	
		JACK1	BOOT	OESTE	PLAN	INV	VERÃO
<b>F</b>	161	221	188	119	95	95	140
<b>EU</b>	117*	161	139	71	80	64	104
<b>CN</b>	114*	158	132	65	87	74	99
<b>PD</b>	71	116	87	34	55	32	62
<b>ILP</b>	60	147	74	39	33	30	47

FONTE: A autora, 2016.

\*Significativamente iguais ( $p = 0.062$ ,  $df = 1$ ,  $\chi^2 =$

Quando comparamos as riquezas observadas com as estimadas, para cada sistema de uso em um ano, notamos que as observações mais próximas das estimativas foram as realizadas nas áreas CN (72% do estimado pelo Jackknife e 86% pelo Bootstrap), EU (72% e 84%, para Jackknife e Bootstrap, respectivamente) e F (72% e 85%, Jackknife e Bootstrap, respectivamente), sendo a mais distante a ILP (41% e 81%, para Jackknife e Bootstrap) (TABELA 1). Com relação às riquezas em cada sistema de uso, a ANOVA indicou influência tanto das estações ( $F = 32.44$ ,  $p = 0$ ), quanto dos SUSo ( $F = 26.85$ ,  $p = 0$ ) (TABELA 2) e não

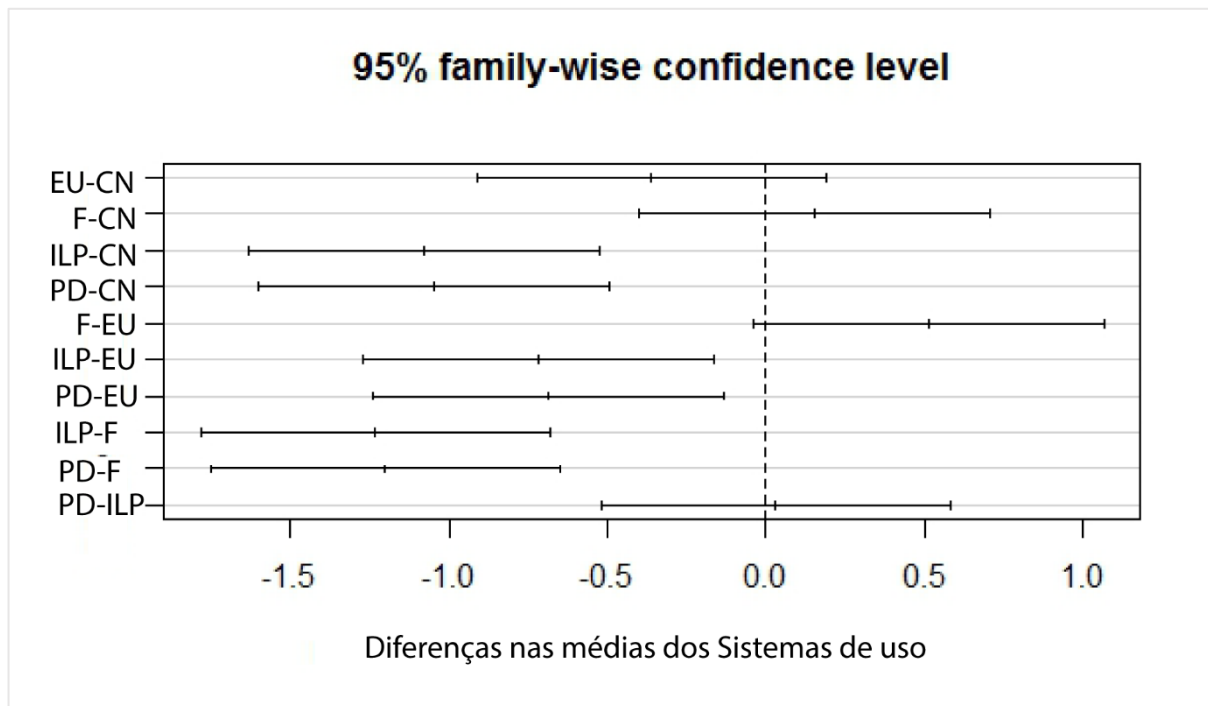
há interação entre esses fatores ( $F = 0,8040$ ,  $p = 0,5293$ ). O teste Tukey elaborado para os SUSo demonstra que, para um nível de significância de 5%, as médias das riquezas das áreas PD e ILP, F e CN, F e EU e EU e CN são similares.

TABELA 2 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA log (RIQUEZA).

Fontes de variação	gl	Soma dos quadrados	Quadrados médios	Valor de F	Pr(>F)
Sistemas de uso	4	15.9215	3.9804	27.2905	0.0000
Estação	1	4.8077	4.8077	32.9218	0.0000
Região	1	0.0033	0.0033	0.0228	0.8807
Sistemas de uso + Estação	4	0.4691	0.1173	0.8040	0.5293
Sistemas de uso + Região	4	0.7984	0.1996	1.3686	0.2620
Estação + Região	1	0.4178	0.4178	2.8643	0.0983
Sistemas de uso + Estação + Região	4	0.3350	0.0838	0.5742	0.6829
Resíduos	40	5.8341	0.1459		
Total	59	28.5869			

FONTE: A autora, 2017.

GRÁFICO 1– RELAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS DOS log(RIQUEZA) ESTIPULADA ATRAVÉS DO TESTE DE TUKEY.



FONTE: A autora, 2017.

### 3.2 Composição de espécies em diferentes sistemas de uso do solo

O resultado da PERMANOVA indica influência tanto dos sistemas de uso quanto das regiões e estações sobre a composição das espécies (TABELA 3). Segundo o  $R^2$  do modelo utilizado, os SUSo são responsáveis por 16,96%, enquanto regiões e estações são responsáveis por 4,53% e 2,22%, respectivamente, da alteração na composição das espécies. Somados os resultados, estas variáveis explicam 23,75% da alteração na composição.

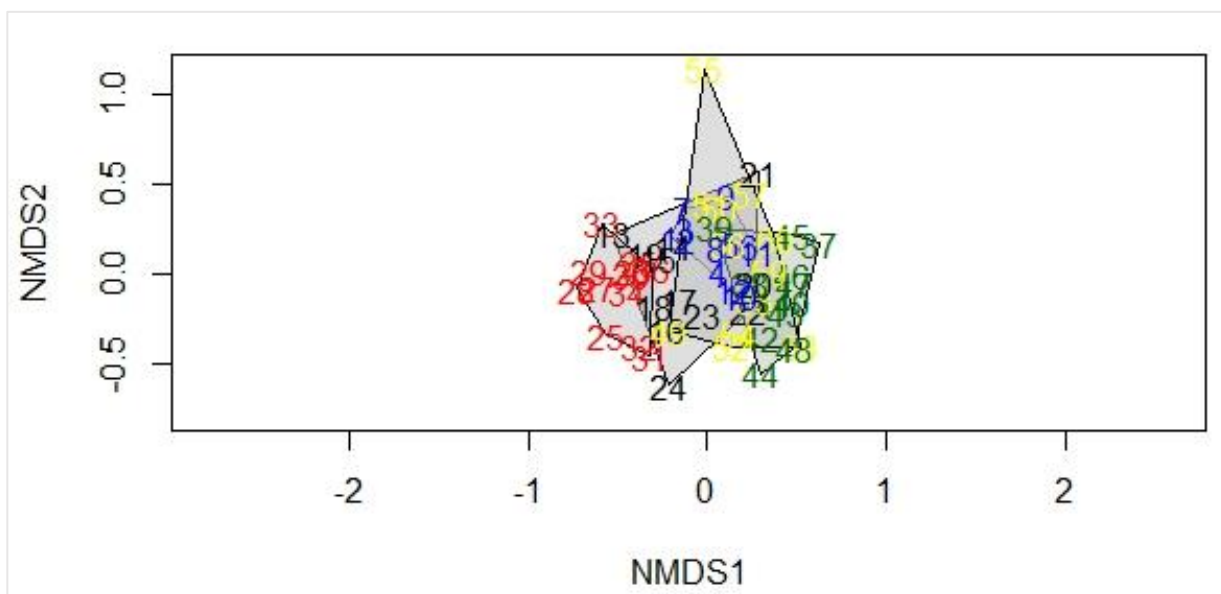
TABELA 3 – RESULTADOS DA PERMANOVA PARA MODELO ELABORADO A PARTIR DAS DISTÂNCIAS COMO VARIÁVEL RESPOSTA E SISTEMAS DE USO, REGIÃO E ESTAÇÃO COMO VARIÁVEIS INDEPENDENTES.  
MEDIDA DE DISTÂNCIA UTILIZADA: JACCARD.

	gl	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F do modelo	$R^2$	Pr(>F)
Sistemas de uso	4	3.9124	0.97810	2.9517	0.16988	0.001
Região	1	1.0440	1.04402	3.1506	0.04533	0.001
Estação	1	0.5118	0.51177	1.5444	0.02222	0.016
Resíduos	53	17.5626	0.33137		0.76257	
Total	59	23.0308			1.00000	

FONTE: A autora, 2017.

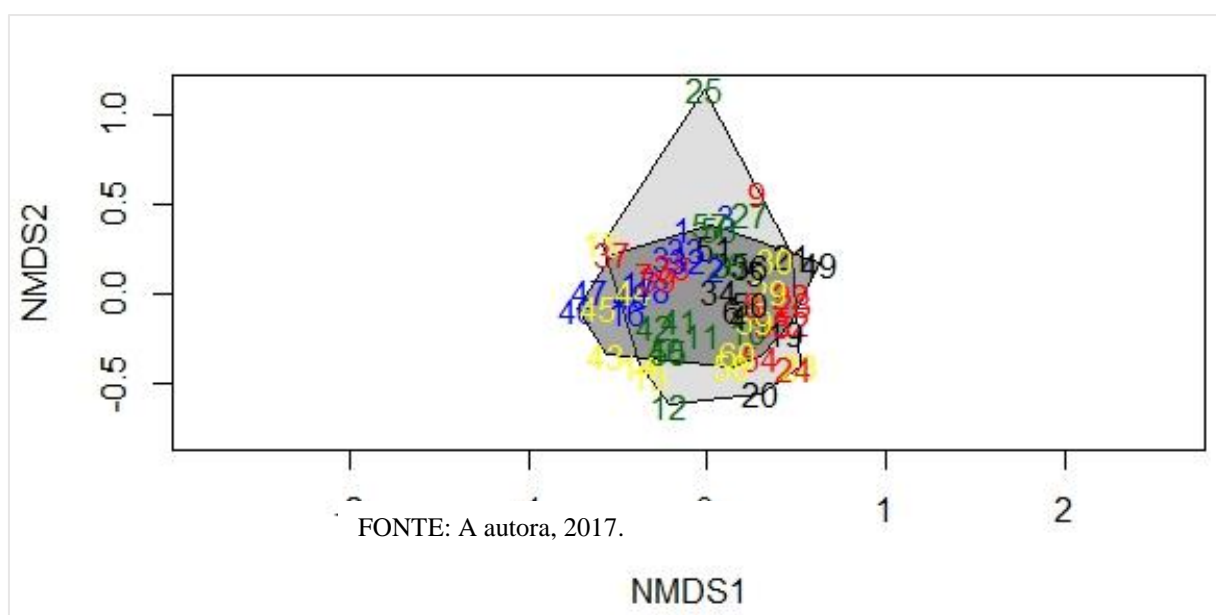
A ordenação realizada mostra de forma evidente a composição de espécies em função dos SUSo (GRÁFICO 2). Podemos observar uma grande sobreposição entre a composição das áreas. No entanto, as áreas F, somente se sobrepõem às áreas EU e são notavelmente distintas das áreas ILP e PD. Quando avaliamos a ordenação dos SUSo, em relação às estações (verão e inverno), podemos notar que a sazonalidade não atua de forma conspícua sobre a composição das áreas. Não há padrões distintos conspícuos entre verão e inverno. No entanto, podemos notar uma maior influência do verão sobre as áreas ILP e PD (GRÁFICO 3). As regiões influenciam a composição. Podemos notar a influência das regiões na composição através de uma distância maior entre os pontos das áreas F e CN do Planalto em relação às demais. Além de haver, praticamente, uma sobreposição entre SUSo de regiões diferentes (polígonos).

GRÁFICO 2 – ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO ORDENADO (NMDS) REALIZADO PARA DISTÂNCIAS GERADAS POR JACCARD. OS POLÍGONOS INDICAM OS SUS<sub>0</sub>, ASSIM COMO AS CORES (CN – AZUL, EU – PRETO, F – VERMELHO, ILP – VERDE E PD – AMARELO). STRESS : 0.18.



FONTE: A autora, 2017.

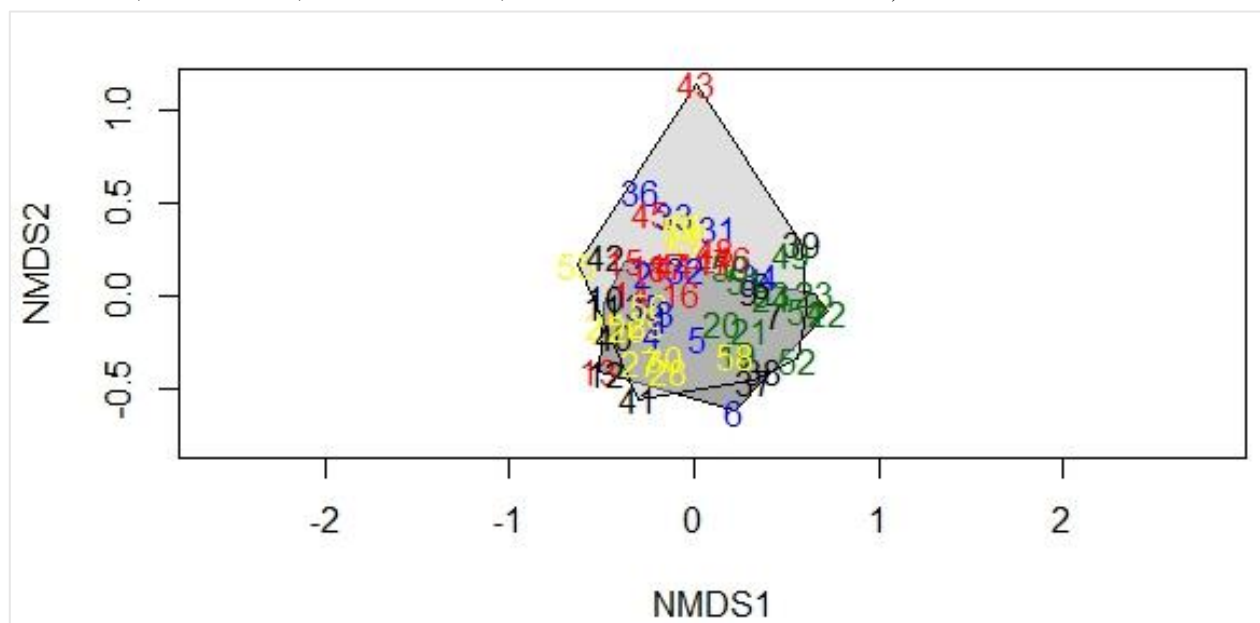
GRÁFICO 3– ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO ORDENADO (NMDS) REALIZADO PARA DISTÂNCIAS GERADAS POR JACCARD. OS POLÍGONOS INDICAM AS ESTAÇÕES (CINZA ESCURO – INVERNO, CINZA CLARO – VERÃO). CORES CORRESPONDEM AOS SUS<sub>0</sub> (CN – AZUL, EU – PRETO, F – VERMELHO, ILP – VERDE E PD – AMARELO). STRESS : 0.18.



FONTE: A autora, 2017.

FONTE: A autora, 2017.

GRÁFICO 4 – ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL NÃO ORDENADO (NMDS) REALIZADO PARA DISTÂNCIAS GERADAS POR JACCARD. OS POLÍGONOS INDICAM AS REGIÕES (CINZA ESCURO – OESTE, CINZA CLARO – PLANALTO). CORES CORRESPONDEM AOS SUSo (CN – AZUL, EU – PRETO, F – VERMELHO, ILP – VERDE E PD – AMARELO). STRESS : 0.18.



FONTE: A autora, 2017.

## 4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem observar a influência dos sistemas de uso do solo, bem como do período de coleta (estação), tanto na riqueza quanto na composição das espécies de formigas nas áreas estudadas. Também encontramos um gradiente de riqueza absoluta em razão da intensidade de manejo ( $F > EU = CN > PD > ILP$ ), mostrando quão sensíveis são as formigas de solo, epigeicas e hipogeicas, à intervenção humana. Este resultado se aproxima do encontrado por Rosa et al. (2015), apesar dos gradientes de riqueza possuírem diferenças sutis.

Como analisamos duas regiões, Oeste e Planalto, e um táxon específico (formigas), esperávamos, de fato, encontrar alguma diferença entre os gradientes de riqueza das áreas. Formigas são sensíveis às alterações no meio e têm sido utilizadas como indicadoras de intervenção antrópica há anos. Sua resposta é eficiente no sentido de que retratam de forma evidente o impacto sofrido por outros táxons presentes no mesmo ambiente (RIBAS et al., 2012). Por responderem rapidamente ao estresse do meio o gradiente de riqueza de formigas que encontramos responde de maneira inversa à crescente intensidade de manejo ( $F < EU < CN < ILP < PD$ ) sugerida por BARTZ et al. (2014a). A variação na riqueza de formigas entre diferentes SUSo pode estar relacionada com utilização de pesticidas e demais insumos agrícolas, principalmente nas áreas PD e ILP.

Quando comparamos os resultados do presente trabalho com os obtidos por Bartz et al. (2014a), cujo o foco foram as minhocas, há uma considerável diferença. Os autores encontraram o gradiente da riqueza em relação ao manejo:  $ILP > PD > CN = F > EU$ , quando considerados os dados das duas regiões. Este gradiente é praticamente inverso ao que encontramos. A diferença nessa relação encontrada para formigas e minhocas deve-se ao fato de que nas áreas de maior impacto antrópico (PD e ILP) há presença de espécies de anelídeos exóticas (BARTZ et al., 2014a), possivelmente introduzidas na tentativa de recuperação do solo. Além disso, o aumento na riqueza de formigas pode ser devido a uma resposta positiva entre a complexidade vegetacional e o número de espécies deste táxon (ALBUQUERQUE; DIEHL, 2009; MENTONE et al., 2011; SOLAR et al., 2016), ou ainda à maior utilização de herbicidas, fungicidas e inseticidas que podem ter contribuído para o menor número de espécies nas áreas PD e ILP.

O número de espécies coletadas nos SUSo durante o inverno foi inferior ao do verão. Diferenças na composição e riqueza em função da estação eram esperadas, uma vez que,

durante o inverno insetos tendem a reduzir sua atividade. Além disso, insetos de origem neotropical não toleram frio intenso e a taxa de mortalidade aumenta consideravelmente a partir de 10°C (CHOW; NICHOLSON, 2004). As estações também interferiram na composição, principalmente das áreas PD e F. As áreas PD podem ter tido alterações em função do manejo da área (há plantios de verão e inverno). Já as áreas F, da região Planalto, podem ter passado por temperaturas muito baixas durante o inverno. Estas estavam localizadas à altitude elevada (entre 850 a 1100 m) e a temperatura média anual da região é 16,3°C. Além disso, a temperatura média dos meses mais frios é 7°C, inferior ao limite mínimo de temperatura para atividade de insetos (CLIMATE-DATA, 2017).

Ao todo 172 espécies foram registradas no Planalto e 170 no Oeste. Ou seja, a Sobs entre as regiões significativamente semelhantes ( $F_{GL1, GL2} = 0.0224$ ,  $p = 0.8815$ ). Este resultado é consistente com a literatura, uma vez que áreas de regiões subtropicais tendem a apresentar pouca variação no número de espécies entre áreas com diferentes estruturas vegetacionais (ou, fitofisionomias) (BENSON; HARADA, 1988; SCHIMDT; DIEHL, 2008). Dessa forma, era esperado que o número absoluto de espécies, em áreas distintas fitofisionomicamente, fosse similar. O mesmo não ocorre com a composição.

Através do PERMANOVA e do NMDS pudemos observar influência das regiões na composição das espécies entre as áreas de sistema de uso. Como o número de espécies em uma comunidade é determinado pela capacidade suporte do meio e não apenas pela complexidade estrutural da vegetação (PRICE et al., 2011), as diferentes fitofisionomias não influenciaram, isoladamente, no número de espécies observadas. No entanto, espécies filogeneticamente distantes dentro de um mesmo táxon, podem assumir nichos similares (LOSOS et al., 1998). Nichos similares associados à capacidade intrínseca dos táxons em se diversificar podem levar a uma riqueza similar, porém com espécies e gêneros diferentes.

Pudemos observar que a composição das áreas F foram similares às áreas EU. Braga et al. (2010) também encontraram maior similaridade entre a composição das áreas de plantio de eucalipto e florestas nativas secundárias. Estes autores atribuíram a similaridade entre as áreas à presença de sub-bosque e grande quantidade de serapilheira. Esse pode ser o motivo pelo qual as áreas EU apresentaram composição similar às de F. A presença de sub-bosque, formado por regeneração nativa, aumenta a disponibilidade de alimentos, locais de nidificação e proteção (RAMOS et al., 2004). Isso atrai formigas para a área aumentando o número de espécies e tornando-a mais diversificada. Tornando-a similar, em relação à composição, às áreas de F.

As áreas CN possuem riqueza similar às áreas de EU e F. Essa similaridade entre a riqueza e composição, principalmente das áreas EU e CN pode ser atribuída ao fato de que as áreas EU possuem de 4 a 21 anos e eram, anteriormente, áreas de CN. Além disso, pelo NMDS pudemos observar uma proximidade entre pontos CN da região Planalto, principalmente. Como as áreas CN da região Oeste são constituídas de gramíneas nativas e exóticas este fato pode ter interferido na composição deixando os pontos mais esparsos no gráfico.

Braga et al. (2010) observaram os piores índices para as áreas de pastagem. A diferença entre as riquezas observadas, nas áreas de pastagem observadas por estes autores e do presente trabalho, pode ser explicada pelo fato de que nas áreas de Santa Catarina esta atividade é desenvolvida principalmente em campos nativos (Campos Sulinos). Os campos sulinos são fitofisionomias antigas e estáveis que possuem alta taxa de endemismo e riqueza relativamente alta (OVERBECK et al, 2007; VELDMAN et al, 2015). Este motivo justifica um alto número de espécies nas áreas CN mesmo com a intensa compactação sofrida pelo solo (devido ao pisoteio animal).

Os gêneros obtidos como mais especiosos foram os esperados (*Pheidole*, *Solenopsis* e *Hypoponera*) sendo esse resultado compatível com trabalhos anteriores realizados nas áreas ou próximo a elas (MARINHO et al., 2002; ALBUQUERQUE; DIEHL, 2009; BOSCARDIN et al., 2013; LUTINSKI et al., 2013). A diferença mais marcante entre os trabalhos anteriores e o atual é a ausência de *Camponotus* entre os gêneros mais especiosos, quando ele normalmente aparece com maior número de espécies que *Hypoponera* em levantamentos. Este fato deve ter ocorrido pelos métodos escolhidos para a amostragem (TSBF e *pitfall*), que privilegiam táxons mais restritos ao subsolo e ao interstício (solo/superfície) (WARD, 2000), enquanto *Camponotus* predomina na superfície (superfície/serapilheira) e vegetação. Das 366 espécies relatadas para o estado de Santa Catarina por Ulysséa et al. (2011), 73 foram coletadas no presente trabalho. Dos 70 gêneros mencionados pelos mesmos autores encontramos 46. Além destes, dois (*Ochetomyrmex* e *Tranopelta*) são registrados pela primeira vez em Santa Catarina.

As espécies registradas para apenas um tipo de SUSo foram: *Pheidole transversostriata* Mayr 1887 (em F); *Tranopelta gilva* Mayr, 1866 (em CN); e *Rogeria bruchi* Santschi, 1922 e *Pheidole acutidens* (Santschi, 1922) (em PD). Esta última representa o primeiro registro da espécie para o Brasil (CASA DEI FERREIRA et al., 2017). Outras espécies, porém com ocorrência em mais de um sistema de uso do solo, também não encontram-se listadas para o estado de Santa Catarina, a saber: *Camponotus renggeri* Emery,



1894 (F, PD e EU), *Crematogaster ampla* Forel, 1912 (PD e CN), *Crematogaster bruchi* Forel, 1912 (CN e F), *Cyphomyrmex lectus* (Forel, 1911) (F e EU), *Mycocepurus smithii* (Forel, 1893) (CN, EU e PD), *Ochetomyrmex semipolitus* Mayr, 1878 (F e CN), *Pheidole breviseta* Santschi, 1919 (CN, PD, EU e F), *P. cavifrons* Emery, 1906 (CN e EU), *P. triconstricta* Forel, 1886 (CN, ILP e F) e *Typhlomyrmex major* Santschi, 1923 (em F, EU, CN e ILP). .

A completa compreensão das diferenças na riqueza e composição das espécies entre os diferentes sistemas de uso talvez fosse melhor obtida caso avaliássemos áreas de floresta nativa primária. Porém, remanescentes das fitofisionomias nativas são escassos. De acordo com o Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina (VINBRAN et al., 2015), o total de áreas nativas primárias corresponde a 29% da cobertura florestal do estado. Entre as áreas de Floresta Estacional Decidual, caso de parte da região Oeste, as áreas remanescentes correspondem a apenas 16% da área original. As áreas de Floresta Ombrófila Densa correspondem a 24%. Como em geral essas áreas correspondem às áreas de preservação permanente (APP's), localizam-se próximas à cursos d'água, tendo uma largura de 30 a 50 metros (e o presente trabalho possui parcelas de 1 ha), o que inviabiliza comparações em larga escala (como utilizado no presente trabalho).

## 5 CONCLUSÃO

Por conta das diferentes fitofisionomias nas regiões estudadas, eram esperadas diferenças extremamente conspícuas na composição das espécies de formigas em função da localização, no entanto essas diferenças se deram mais acentuadamente em função dos sistemas de uso do que das regiões. Os sistemas de uso atuam como moduladores tanto da riqueza quanto da composição de espécies em áreas das regiões do Planalto e Oeste de Santa Catarina. Da mesma forma, o período de coleta também parece ser um fator importante uma vez que, além da potencial redução na atividade de insetos durante o inverno por conta das baixas temperaturas, há manejos diferenciados nas áreas de plantio direto e integração-lavoura-pecuária em função da época ideal para o plantio de determinados cultivos.

Além disso, apesar de considerados sistemas de uso mais conservacionistas, áreas de integração lavoura-pecuária e de plantio direto possuem ação negativa tanto na riqueza quanto na composição de espécies de formigas. Sob a perspectiva dos componentes biológicos do solo, podemos afirmar que estes sistemas, mesmo mantendo maior cobertura do solo (caso do plantio direto) e aumentando a heterogeneidade das áreas (caso do sistema de integração), não são tão favoráveis à manutenção da diversidade. Já os plantios de eucalipto, embora seja uma planta exótica e produtora de compostos secundários potencialmente nocivos à fauna nativa, podem ser considerados sistemas de uso menos impactantes, às regiões estudadas, já que mantiveram riqueza e composição similares às áreas de floresta nativa secundária.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. Z.; DIEHL, E. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 3, p. 398–403, 2009b. FapUNIFESP (SciELO).
- ANDERSEN, A. N.; SPARLING, G. P. Ants as indicators of restoration success: relationship with soil microbial biomass in the Australian seasonal tropics. **Restoration ecology**, v. 5, n. 2, p. 1 –114, 1997.
- ANDERSEN, A. N.; HOFFMANN, B. D.; MULLER, W. J.; GRIFFITHS, A. D. Using ants as bioindicators in land management: Simplifying assessment of ant community responses. **Journal of Applied Ecology**, v. 39, n. 1, p. 8–17, 2002. Wiley-Blackwell.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. In: Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. 2. ed. Wallingford, C.A.B. International, 1993. 240p
- AUAD, A. M.; RESENDE, T. T.; DA SILVA, D. M.; GRAÇAS FONSECA, M. Hymenoptera (Insecta: Hymenoptera) associated with silvopastoral systems. **Agroforestry Systems**, v. 85, n. 1, p. 113–119, 2011. Springer Nature.
- BACCARO, F. F.; FEITOSA, R. M.; FERNÁNDEZ, F.; et al. **Guia para os Gêneros de formigas do Brasil**. Editora INPA ed. Manaus: Zenodo, 2015.
- BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ROSA, M. G.; et al. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 83, p. 59–70, 2014a. Elsevier BV.
- BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ORSO, R et al.. The influence of land use systems on soil and surface litter fauna in the western region of Santa Catarina. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 5spe, p. 880–887, 2014b. FapUNIFESP (SciELO).
- BENAZZI, E. D. S.; BIANCHI, M. D. O.; CORREIA, M. E. F et al.. Impactos dos métodos de colheita da cana-de-açúcar sobre a macrofauna do solo em área de produção no Espírito Santo – Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6Supl1, p. 3425, 2013. Universidade Estadual de Londrina.
- BENSON, W.W.; HARADA, A. Y. Local diversity of tropical and temperate ant faunas (Hymenoptera: Formicidae). **Acta Amazônica**, v.18, p. 275-289. 1988
- BOLTON, B. Formicidae. Disponível em: <<http://www.antcat.org>>. Acesso em: 23/1/2017.
- BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. **Numerical ecology with R**. Springer Nature, 2011.
- BOSCARDIN, J.; GARLET, J.; COSTA, E. C. Mirmecofauna epigéica (Hymenoptera: Formicidae) em plantios de eucalyptus spp. (Myrtales: Myrtaceae) na região oeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Entomotropica**, v. 27, n. 3, p. 119–128, 2013. Disponível em: <<http://www.entomotropica.org/index.php/entomotropica/article/view/373/403>>. Acesso em: 25/1/2017.

- BOTTINELLI, N.; JOUQUET, P.; CAPOWIEZ, Y.; et al. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? **Soil and Tillage Research**, v. 146, p. 1 –124, 2015. Elsevier BV.
- BRAGA, D. L.; LOUZADA, J. N.C.; ZANETTI, R. DELABIE, J. Avaliação rápida da diversidade de formigas em sistemas de uso do solo no sul da Bahia. **Neotropical entomology**, v. 39, n.4, p.464-469. 2010.
- CAMPANHOLA, C. Processos e pressões antrópicas que degradam a biodiversidade: estudos de casos, p. 89–91. *In*: GARAY, I.; DIAS, B. (eds.) **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**. 2001, Petrópolis, Vozes, 432 p.
- CASADEI FERREIRA, A.; MARTINS, M.F.O.; FEITOSA, R. M. Rediscovery of the morphologically remarkable social parasite *Pheidole acutidens* (Santschi, 1922), with the first records for Brazil. **Sociobiology**, v. 63, n. 4, p. 1069, 2016. Universidade Estadual de Feira de Santana.
- CHOWN, S. L.; NICHOLSON, S. W. **Insect physiological ecology: Mechanisms and patterns**. Oxford: Oxford University Press, 2004.
- DEBLAUWE, I.; DEKONINCK, W. Diversity and distribution of ground-dwelling ants in a lowland rainforest in southeast Cameroon. **Insectes Sociaux**, v. 54, n. 4, p. 334–342, 2007. Springer Nature.
- DEL TORO, I.; RIBBONS, R. R.; PELINI, S. L. The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News**, v. 17, p. 133–146, 2012.
- DIEHL, E.; SACCHETT, F.; ALBUQUERQUE, E. Z. Riqueza de formigas de solo na praia da Pedreira, Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, n. 4, 2005. FapUNIFESP (SciELO).
- EVANS, T. A.; DAWES, T. Z.; WARD, P. R.; LO, N. Ants and termites increase crop yield in a dry climate. **Nature Communications**, v. 2, p. 262, 2011. Springer Nature.
- GOTELLI, N.J.; ELLISON, A.M. **Princípios de estatística em ecologia**. Artmed, Porto Alegre, 2011, 1ª ed. 528 p.
- GREENSLADE, P. J. M.; GREENSLADE, P. Invertebrates and environmental assessment. **Environment and Planning**, v.3, n., p.13–15, 1984.
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O. **The Ants**. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1990. 732p.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The superorganism: the beauty, elegance and strangeness of insect societies**. New York: W.W. Norton & Company, 2009. 544p.
- HOLWAY, D. A.; LACH, L.; SUAREZ, A. V. et al.. The causes and consequences of ant invasions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, n. 1, p. 181–233, 2002. Annual Reviews.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 25/10/2016.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M. et al.. Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, 33:159-193, 1997.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; et al. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S3–S15, 2006. Elsevier BV.

LIMA, J. F. DE; ALVES, L. R.; PEREIRA, S. M.; et al. O uso das terras no sul do Brasil: Uma análise a partir de indicadores de localização. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, n. 4, 2006. apUNIFESP (SciELO).

LOBRY DE BRUYN, L. A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 74, n. 1-3, p. 425–441, 1999. Elsevier BV.

LUCKY, A; TRAUTWEIN, M. D.; GUÉNARD, B. S. et al. Tracing the Rise of Ants - Out of the Ground. **Plos One**, [s.l.], v. 8, n. 12, p.1-8, 26 dez. 2013. Disponível em: <Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0084012>>. Acesso em: 03 dez. 2016

LUTINSKI, J. A.; LOPES, B. C.; MORAIS, A. B. B. Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3, p. 332–342, 2013. FapUNIFESP (SciELO).

MAJER, J. D.. Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. **Environmental Management**, v.7, n., p.375–383, 1983.

MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C. et al.. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 2, p. 187–195, 2002. Springer Nature.

MAZZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do Neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Editora Unesp, 2010. 568 p. Tradução de: Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/gpet/files/Historia das agriculturas no mundo - Mazoyer e Roudart.pdf](http://w3.ufsm.br/gpet/files/Historia%20das%20agriculturas%20no%20mundo%20-%20Mazoyer%20e%20Roudart.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2014.

MENTONE, T. DE O.; DINIZ, E. A.; MUNHAE, C. DE B. et al.. Composição da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira em florestas semidecídua e de *Eucalyptus* spp., na região sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 2, p. 237–246, 2011.

OVERBECK G.E.; MÜLLER S.C.; FIDELIS A. et al.. Brazil's neglected biome: the South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, 2007, v. 9, p.101-116.

REIS FILHO, W.; SILVA, V. P.; NICKELE, M. A.; MARTINS, M. F. O. **Formigas cortadeiras em áreas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta - iLPF: fundamentos para o controle**. Colombo, PR: Comunicado Técnico 331, Embrapa Florestas, 2013.

RIBAS, C. R.; CAMPOS, R. B. F.; SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C. Ants as indicators in Brazil: A review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs. **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 2012, p. 1–23, 2012. Hindawi Publishing.

ROHLF, F. J. Adaptive hierarchical clustering schemes. **Systematic Zoology**, v. 19, n. 1, p. 58, 1970. JSTOR.

ROSA, M. G. DA; KLAUBERG FILHO, O.; BARTZ, M. L. C.; et al. Macrofauna Edáfica e Atributos Físicos e Químicos em Sistemas de Uso do solo no Planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1544–1553, 2015. FapUNIFESP (SciELO).

ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. DOS S.; CELENTANO, D.; CARVALHO, C. J. R. DE. Macrofauna do solo em uma cronosequência de capoeiras, florestas e pastos no Centro de Endemismo Belém, Amazônia oriental. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 4, p. 499–512, 2014. FapUNIFESP (SciELO).

SCHMIDT, F. A.; DIEHL, E. What is the effect of soil use on ant communities? **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 4, p. 381–388, 2008. Springer Nature.

SCHMIDT, K.; CORBETTA, R.; CAMARGO, A. J. A. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da Ilha João da Cunha, SC: composição e diversidade. **Biotemas**, v. 18, n. 1, p. 57–71, 2005.

SILVA, R. F.; AQUINO, A. M. DE; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. DE F. Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 5, 2008. Universidade Estadual de Maringá.

SOLAR, R. R. DE C.; BARLOW, J.; ANDERSEN, A. N.; et al. Biodiversity consequences of land-use change and forest disturbance in the Amazon: A multi-scale assessment using ant communities. **Biological Conservation**, v. 197, p. 98–107, 2016. Elsevier BV.

ULYSSÉA, M. A.; CERETO, C. E.; ROSUMEK, F. B. et al.. Updated list of ant species (Hymenoptera, Formicidae) recorded in Santa Catarina State, southern Brazil, with a discussion of research advances and priorities. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 4, p. 603–611, 2011. FapUNIFESP (SciELO).

VALENTIN, J.L. Agrupamento e ordenação. In: Peres-Neto RP, Valentin JL, Fernando F, Editors. Tópicos em Tratamento de Dados Biológico. *Oecologia Brasiliensis*. 1995, v. 2, p. 27 – 55. Disponível em: <<http://www.avesmarinhas.com.br/3.1%20-%20Agrupamento%20e%20ordena%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 13 out. 2016.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524p.

VELDMAN, J. W.; BUISSON, E.; DURIGAN, G.; et al. Toward an old-growth concept for grasslands, savannas, and woodlands. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 13, n. 3, p. 154–162, 2015. Wiley-Blackwell.

VIBRANS, A. C.; GASPER, A. L.; MÜLLER, J. J. V. et al.. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina**: o que você deve saber sobre as florestas de Santa Catarina. 2015.

Disponível em:

<[http://ciram.epagri.sc.gov.br/ciram\\_arquivos/arquivos/iff/pdf/livreto\\_oquevocedevesaber.pdf](http://ciram.epagri.sc.gov.br/ciram_arquivos/arquivos/iff/pdf/livreto_oquevocedevesaber.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2016.

WARD, P. S. **Broad-scale patterns of diversity in leaf litter ant communities**. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R (Ed.). *Ants- Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington and London: Smithsonian Institution Press. 2000, p. 122-144.

WILSON, E. O.; HOLLOBLER, B.. The rise of the ants: A phylogenetic and ecological explanation. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [s.l.], v. 102, n. 21, p.7411-7414, 2005. Proceedings of the National Academy of Sciences.  
<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0502264102>.

WINK, C.; GUEDES, J. V. C.; FAGUNDES, C. K.; ROVEDDER, A. P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. 2005, v. 4, n. 1, p. -71. Disponível em: <[http://rca.cav.udesc.br/rca\\_2005\\_1/wink.pdf](http://rca.cav.udesc.br/rca_2005_1/wink.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2013.

ZAGATTO, M. R. G. Fauna edáfica em sistemas de uso do solo no município de Ponta Grossa- PR. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). 2014. 76p. Universidade Federal do Paraná. Disponível em  
<<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/35923/R%20-%20D%20-%20MAURICIO%20RUMENOS%20GUIDETTI%20ZAGATTO.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05 set 2014

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o surgimento do Programa TSBF e estabelecimento do método de mesmo nome como ferramenta de monitoramento, assomados à consolidação da Pedobiologia, houve um aumento nos esforços referentes à aquisição de conhecimento sobre a diversidade da fauna de solo em áreas de sistemas de uso – ambientes altamente susceptíveis à simplificação. O método TSBF, por produzir um grande volume de material, pode produzir informações muito interessantes sobre a biologia e diversidade de formigas.

No presente trabalho caracterizamos as assembleias de formigas subterrâneas de três regiões do Sul do Brasil. Para tanto, utilizamos o método TSBF e avaliamos o material proveniente de duas regiões de Santa Catarina tendo como resultado uma maior coleta de formigas exclusivas (coletadas apenas pelo método) e raras (com apenas um registro de ocorrência) em relação ao *pitfall*. Também observamos a efetividade na coleta de formigas subterrâneas na região de Ponta Grossa (PR), através da avaliação da riqueza, frequência de ocorrência e do sucesso de captura de formigas entre os estratos do solo, obtendo maiores valores (para os três parâmetros) no estrato I (de 0-10 cm), demonstrando um alto potencial do método na coleta dessa assembleia.

A avaliação da qualidade do solo, através da medição da presença da macrofauna com a utilização do método TSBF, é comum em áreas de produção. Esta avaliação se deve ao fato de invertebrados de solo responderem de maneiras distintas aos diferentes manejos aplicados em diferentes sistemas de uso (LOURENTE et al., 2007). As formigas, por seu papel de bioturbadoras (BOTINELLI et al., 2015), também são sensíveis às alterações do meio e diversos trabalhos já relataram o papel de indicadoras da qualidade do ambiente exercido por elas (ver RIBAS et al., 2012; SOLAR et al., 2016; BRAGA et al., 2010; BRANDÃO et al., 2011). Estudar formigas provenientes de coletas com TSBF pode ser uma ferramenta útil para estudar a qualidade do solo e os efeitos da atividade humana.

Em concordância com a bibliografia, o presente trabalho demonstrou a influência dos sistemas de uso avaliados (floresta nativa, campo nativo pastejado, integração lavoura-pecuária, plantio de eucalipto e plantio direto) tanto na composição quanto na riqueza de formigas de solo (epi e hipogeicas). Também pudemos observar um gradiente de riqueza inverso ao nível de manejo, sendo as áreas de plantio direto e integração lavoura-pecuária as que possuíram os piores valores, indicando um maior impacto na mirmecofauna.

Os resultados obtidos a partir da avaliação da influência das áreas nas comunidades estão em concordância com outros trabalhos realizados nas mesmas regiões, porém com



ênfoque em outros grupos taxonômicos. Insumos agrícolas (herbicidas, inseticidas e até mesmo adubos) podem, direta ou indiretamente, agir na estrutura da mirmecofauna dos sistemas de uso. Essa ação pode impactar a diversificação das populações locais a curto prazo (causando a perda da diversidade alfa) e a longo prazo (reduzindo ou aumentando, devido à pressão).

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. Z.; DIEHL, E. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 3, p. 398–403, 2009b. FapUNIFESP (SciELO).
- ANDERSEN, A. N.; BRAULT, A. Exploring a new biodiversity frontier: subterranean ants in northern Australia. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, n., p. 2741–2750. 2010. doi: 10.1007/s10531-010-9874-1
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. In: Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. 2. ed. Wallingford, C.A.B. International, 1993. 240p
- AUAD, A. M.; RESENDE, T. T.; DA SILVA, D. M.; GRAÇAS FONSECA, M. Hymenoptera (Insecta: Hymenoptera) associated with silvopastoral systems. **Agroforestry Systems**, v. 85, n. 1, p. 113–119, 2011. Springer Nature.
- BACCARO, F. F.; FEITOSA, R. M.; FERNÁNDEZ, F.; et al. **Guia para os Gêneros de formigas do Brasil**. Editora INPA ed. Manaus: Zenodo, 2015.
- BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ROSA, M. G.; et al. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 83, p. 59–70, 2014a. Elsevier BV.
- BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ORSO, R et al.. The influence of land use systems on soil and surface litter fauna in the western region of Santa Catarina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 5spe, p. 880–887, 2014b. FapUNIFESP (SciELO).
- BENAZZI, E. D. S.; BIANCHI, M. D. O.; CORREIA, M. E. F et al.. Impactos dos métodos de colheita da cana-de-açúcar sobre a macrofauna do solo em área de produção no Espírito Santo – Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6Supl1, p. 3425, 2013. Universidade Estadual de Londrina.
- BENSON, W.W.; HARADA, A. Y. Local diversity of tropical and temperate ant faunas (Hymenoptera: Formicidae). **Acta Amazônica**, v.18, p. 275-289. 1988
- BERGHOFF, S. M.; MASCHWITZ, U.; LIENMAIR, K. E. Hypogaieic and epigaieic ant diversity on Borneo: evaluation of baited sieve buckets as a study method. **Tropical Zoology**. v. 16, n. 2, p. 15 -163, 2014. doi: 10.1080/03946975.2003.10531192
- BESTELMEYER, B.T.; AGOSTI, D.; ALONSO, L. E.; et al.. **Field Techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description and evaluation**. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R (Ed.). *Ants- Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington and London: Smithsonian Institution Press. 2000, p. 122-144.
- BIHN, J. H.; VERHAAGH, M.; BRÄNDLE, M. & BRANDL, R. Do secondary forests act as refuges for old growth forest animals? Recovery of ant diversity in the Atlantic forest of Brazil. **Biological Conservation**. v. 141, n., p. 733-743, 2008. doi:10.1016/j.biocon.2007.12.028

BOLTON, B. Formicidae. Disponível em: <<http://www.antcat.org>>. Acesso em: 23/1/2017.

BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. **Numerical ecology with R**. Springer Nature, 2011.

BOSCARDIN, J.; GARLET, J.; COSTA, E. C. Mirmecofauna epigéica (Hymenoptera: Formicidae) em plantios de eucalyptus spp. (Myrtales: Myrtaceae) na região oeste do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Entomotropica**, v. 27, n. 3, p. 119–128, 2013. Disponível em: <<http://www.entomotropica.org/index.php/entomotropica/article/view/373/403>>. Acesso em: 25/1/2017.

BOTTINELLI, N.; JOUQUET, P.; CAPOWIEZ, Y.; et al. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? **Soil and Tillage Research**, v. 146, p. 1 –124, 2015. Elsevier BV.

BRANDÃO, C. R. F.; FEITOSA, R. M.; SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C. Rediscovery of the putatively extinct ant species *Simopelta minima* (Brandão) (Hymenoptera, Formicidae), with a discussion on rarity and conservation status of ant species. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 3, p. 480–483, 2008. FapUNIFESP (SciELO).

BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R.; FEITOSA, R. M. Cerrado ground-dwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) as indicators of edge effects. **Zoologia (Curitiba, Impresso)**, v. 28, n. 3, p. 379–387, 2011. FapUNIFESP (SciELO).

BROWN, G. G.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in brazilian no-tillage agroecosystems: a preliminary analysis. International Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems. **Anais...**p.20, 2001. Londrina: Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.465.2819&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 24/10/2016.

CAMPANHOLA, C. Processos e pressões antrópicas que degradam a biodiversidade: estudos de casos, p. 89–91. In: GARAY, I.; DIAS, B. (eds.) **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**. 2001, Petrópolis, Vozes, 432 p.

CASADEI FERREIRA, A.; MARTINS, M.F.O.; FEITOSA, R. M. Rediscovery of the morphologically remarkable social parasite *Pheidole acutidens* (Santschi, 1922), with the first records for Brazil. **Sociobiology**, v. 63, n. 4, p. 1069, 2016. Universidade Estadual de Feira de Santana.

CHAO, A.; GOTELLI, N. J.; HSIEH, T. C.; et al. Rarefaction and extrapolation with hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. **Ecological Monographs**, v. 84, n. 1, p. 45–67, 2014. Wiley-Blackwell.

CHOWN, S. L.; NICHOLSON, S. W. **Insect physiological ecology: Mechanisms and patterns**. Oxford: Oxford University Press, 2004.

CORREIA, D. S. **Fauna edáfica como indicadora em ambiente reconstruído após mineração de carvão**, 2010 [Dissertação]. Universidade do Estado de Santa Catarina.

Disponível em:

<[http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UDSC\\_f2c70602bc9afaa95931e184f8461439](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UDSC_f2c70602bc9afaa95931e184f8461439)>. Acesso em: 24/1/2017.

DEBLAUWE, I.; DEKONINCK, W. Diversity and distribution of ground-dwelling ants in a lowland rainforest in southeast Cameroon. **Insectes Sociaux**, v. 54, n. 4, p. 334–342, 2007. Springer Nature.

DELABIE, J. H. C.; FOWLER, H. Soil and litter cryptic ants assemblages of bahian cocoa plantations. **Pedobiologia**, v. 39, p. 423–433, 1995.

DEL TORO, I.; RIBBONS, R. R.; PELINI, S. L. The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). **Myrmecological News**, v. 17, p. 133–146, 2012.

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M.. **Manejo do solo e a dinâmica da fauna edáfica**. São Paulo: Apta Regional, 2008. 7 p. Disponível em: <<http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2008/2008-julho-dezembro/613-manejo-do-solo-e-a-dinamica-da-fauna-edafica/file.html>>. Acesso em: 01 mar. 2014.

DIEHL, E.; SACCHETT, F.; ALBUQUERQUE, E. Z. Riqueza de formigas de solo na praia da Pedreira, Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, n. 4, 2005. FapUNIFESP (SciELO).

EVANS, T. A.; DAWES, T. Z.; WARD, P. R.; LO, N. Ants and termites increase crop yield in a dry climate. **Nature Communications**, v. 2, p. 262, 2011. Springer Nature.

FIGUEIREDO, C. J.; SILVA, R. R.; MUNHAE, C. B.; MORINI, M. S. C. Fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) atraídas a armadilhas subterrâneas em áreas de Mata Atlântica. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 1, p. 176-182, 2013. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/pt/abstract?article+bn01413012013>>. Acesso em: 23 set 2014.

GOTELLI, N.J.; ELLISON, A.M. **Princípios de estatística em ecologia**. Artmed, Porto Alegre, 2011, 1ª ed. 528 p.

HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E. O. **The Ants**. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1990. 732p.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The superorganism: the beauty, elegance and strangeness of insect societies**. New York: W.W. Norton & Company, 2009. 544p.

HOLWAY, D. A.; LACH, L.; SUAREZ, A. V. et al.. The causes and consequences of ant invasions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, n. 1, p. 181–233, 2002. Annual Reviews.

IAPAR. Cartas climáticas básicas do estado do Paraná. Londrina, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1978.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 25/10/2016.

JACQUEMIN, J.; DROUET, T.; DELSINNE, T.; ROISIN, Y.; LEPONCE, M. Soil properties only weakly affect subterranean ant distribution at small spatial scales. **Applied Soil Ecology**, v. 62, n., p. 163-169, 2012. doi: 10.1016/j.apsoil.2012.08.008.

JACQUEMIN, J.; ROISIN, Y.; LEPONCE, M.. Spatio-temporal variation in ant (Hymenoptera: Formicidae) communities in leaf-litter and soil layers in a premontane tropical forest. **Myrmecological News**, [s.l.], n. 22, p.129-139, dez. 2015.

KLENK, L. A.; ZAWADNEAK, M. A. C. Cupins, Formigas e Minhocas como Indicadores de Recuperação da Qualidade de Solo sob Processo de Conversão - Pinhais (PR). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 3571–3575, 2009.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M. et al.. Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, 33:159-193, 1997.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; et al. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S3–S15, 2006. Elsevier BV.

LIMA, J. F. DE; ALVES, L. R.; PEREIRA, S. M.; et al. O uso das terras no sul do Brasil: Uma análise a partir de indicadores de localização. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, n. 4, 2006. FapUNIFESP (SciELO).

LIMA, S. S.; AQUINO, A. M. DE; LEITE, L. F. C.; et al.. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 322–331, 2010. Embrapa Informação Tecnológica. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000300013>>. Acesso em: 24/1/2017.

LOBRY DE BRUYN, L. A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 74, n. 1-3, p. 425–441, 1999. Elsevier BV.

LONGINO, J. T. **What to do with the data**. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R (Ed.). *Ants- Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington and London: Smithsonian Institution Press. 2000, p. 122-144.

LOURENTE, E. R. P.; SILVA, R. F. DA; SILVA, D. A.; MARCHETTI, M. E.; MERCANTE, F. M. Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 1, 2007. Universidade Estadual de Maringá.

LUCKY, A; TRAUTWEIN, M. D.; GUÉNARD, B. S. et al. Tracing the Rise of Ants - Out of the Ground. **Plos One**, [s.l.], v. 8, n. 12, p.1-8, 26 dez. 2013. Disponível em: <Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0084012>>. Acesso em: 03 dez. 2016

- LUTINSKI, J. A.; LOPES, B. C.; MORAIS, A. B. B. Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 3, p. 332–342, 2013. FapUNIFESP (SciELO).
- MAGURRAN, A. E. **Medindo a Diversidade Biológica**. Curitiba: Editora UFPR, 2011.
- MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C. et al.. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serapilheira em eucaliptais (Myrtaceae) e área de cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 2, p. 187–195, 2002. Springer Nature.
- MAZZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do Neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: Editora Unesp, 2010. 568 p. Tradução de: Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/gpet/files/Historia das agriculturas no mundo - Mazoyer e Roudart.pdf](http://w3.ufsm.br/gpet/files/Historia%20das%20agriculturas%20no%20mundo%20-%20Mazoyer%20e%20Roudart.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2014.
- MENTONE, T. DE O.; DINIZ, E. A.; MUNHAE, C. DE B. et al.. Composição da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira em florestas semidecídua e de *Eucalyptus* spp., na região sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 2, p. 237–246, 2011.
- MOREAU, C. S.; BELL, C. D.. Testing the museum versus cradle tropical biological diversity hypothesis: phylogeny, diversification, and ancestral biogeographic range evolution of the ants. **Evolution**, [s.l.], v. 67, n. 8, p.2240-2257, 22 abr. 2013. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1111/evo.12105>.
- NEWCOMBE, R. G. Two-sided confidence intervals for the single proportion: comparison of seven methods. **Statistics in Medicine**, v. 17, p. 857–872, 1998.
- OVERBECK G.E.; MÜLLER S.C.; FIDELIS A. et al.. Brazil's neglected biome: the South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, 2007, v. 9, p.101-116.
- PACHECO, R. & VASCONCELOS, H. L. Subterranean pitfall traps: Is it worth including them in your ant sampling protocol?. **Psyche**. 9 p. 2012. doi: 10.1155/2012/870794
- REIS FILHO, W.; SILVA, V. P.; NICKELE, M. A.; MARTINS, M. F. O. **Formigas cortadeiras em áreas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta - iLPF: fundamentos para o controle**. Colombo, PR: Comunicado Técnico 331, Embrapa Florestas, 2013.
- RIBAS, C. R.; CAMPOS, R. B. F.; SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C. Ants as indicators in Brazil: A review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs. **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 2012, p. 1–23, 2012. Hindawi Publishing.
- ROHLF, F. J. Adaptive hierarchical clustering schemes. **Systematic Zoology**, v. 19, n. 1, p. 58, 1970. JSTOR.
- ROSA, M. G. **Macrofauna do solo em diferentes sistemas de uso no oeste e planalto catarinense**, UDESC [Dissertação] 2013. Disponível em: <[http://www.cav.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/832/marcio\\_goncalves\\_da\\_rosa\\_osmar\\_klauber\\_filho\\_24\\_0.pdf](http://www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/832/marcio_goncalves_da_rosa_osmar_klauber_filho_24_0.pdf)>. Acesso em: 24/1/2017.

- ROSA, M. G. DA; KLAUBERG FILHO, O.; BARTZ, M. L. C.; et al. Macrofauna Edáfica e Atributos Físicos e Químicos em Sistemas de Uso do solo no Planalto Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1544–1553, 2015. FapUNIFESP (SciELO).
- ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. DOS S.; CELENTANO, D.; CARVALHO, C. J. R. DE. Macrofauna do solo em uma cronosequência de capoeiras, florestas e pastos no Centro de Endemismo Belém, Amazônia oriental. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 4, p. 499–512, 2014. FapUNIFESP (SciELO).
- SCHMIDT, F. A.; DIEHL, E. What is the effect of soil use on ant communities? **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 4, p. 381–388, 2008. Springer Nature.
- SCHMIDT, F. A.; SOLAR, R. R. C. Methodological advances and remarks to improve the sampling of a hidden ant fauna. **Insectes Sociaux**. v. 57, n., p. 261-266, 2010. doi: 10.1007/s00040-010-0078-1.
- SCHMIDT, K.; CORBETTA, R.; CAMARGO, A. J. A. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da Ilha João da Cunha, SC: composição e diversidade. **Biotemas**, v. 18, n. 1, p. 57–71, 2005.
- SILVA, R. F.; AQUINO, A. M. DE; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 5, 2008. Universidade Estadual de Maringá.
- SILVA, R. R.; SILVESTRE, R. Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos de Zoologia**. São Paulo. v. 44, n. 1, p.1-11, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0031-10492004000100001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0031-10492004000100001)> Acesso em: 25 set 2014.
- SILVA, T. G.; KORASAKI, V.; ZANETTI, R.; et al.. Composição da comunidade de formigas (Insecta: Hymenoptera) em diferentes sistemas de uso do solo do Alto Solimões, AM, Brasil. In: IX CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. São Lourenço- MG. **Anais**. São Lourenço, MG, 2009.
- SOLAR, R. R. DE C.; BARLOW, J.; ANDERSEN, A. N.; et al. Biodiversity consequences of land-use change and forest disturbance in the Amazon: A multi-scale assessment using ant communities. **Biological Conservation**, v. 197, p. 98–107, 2016. Elsevier BV.
- ULYSSÉA, M. A.; CERETO, C. E.; ROSUMÉK, F. B. et al.. Updated list of ant species (Hymenoptera, Formicidae) recorded in Santa Catarina State, southern Brazil, with a discussion of research advances and priorities. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 4, p. 603–611, 2011. FapUNIFESP (SciELO).
- VALENTIN, J.L. Agrupamento e ordenação. In: Peres-Neto RP, Valentin JL, Fernando F, Editors. Tópicos em Tratamento de Dados Biológico. *Oecologia Brasiliensis*. 1995, v. 2, p. 27 – 55. Disponível em: <<http://www.avesmarinhas.com.br/3.1%20-%20Agrupamento%20e%20ordena%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 13 out. 2016.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 524p.

VELDMAN, J. W.; BUISSON, E.; DURIGAN, G.; et al. Toward an old-growth concept for grasslands, savannas, and woodlands. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 13, n. 3, p. 154–162, 2015. Wiley-Blackwell.

VIBRANS, A. C.; GASPER, A. L.; MÜLLER, J. J. V. et al.. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina**: o que você deve saber sobre as florestas de Santa Catarina. 2015.

Disponível em:

<[http://ciram.epagri.sc.gov.br/ciram\\_arquivos/arquivos/iff/pdf/livreto\\_oquevocedevesaber.pdf](http://ciram.epagri.sc.gov.br/ciram_arquivos/arquivos/iff/pdf/livreto_oquevocedevesaber.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2016.

WARD, P. S. **Broad-scale patterns of diversity in leaf litter ant communities**. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R (Ed.). *Ants- Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington and London: Smithsonian Institution Press. 2000, p. 122-144.

WILKIE, K. T. R.; MERTL, A. L.; TRANIELLO, J. F. A. Biodiversity below ground: probing the subterranean ant fauna of Amazonia. **Naturwissenschaften**. v. 94, p. 725-731. 2007. doi: 10.1007/s00114-007-0250-2

WILKIE, K. T. R.; MERTL, A. L.; TRANIELLO, J. F. A.. Species Diversity and Distribution Patterns of the Ants of Amazonian Ecuador. **Plos One**, [s.l.], v. 5, n. 10, p.1-12, 1 out. 2010. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0013146>.

WILSON, E. O.; HOLDOBLER, B.. The rise of the ants: A phylogenetic and ecological explanation. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [s.l.], v. 102, n. 21, p.7411-7414, 2005. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0502264102>.

WINK, C.; GUEDES, J. V. C.; FAGUNDES, C. K.; ROVEDDER, A. P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. 2005, v. 4, n. 1, p. -71. Disponível em: <[http://rca.cav.udesc.br/rca\\_2005\\_1/wink.pdf](http://rca.cav.udesc.br/rca_2005_1/wink.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2013.

ZAGATTO, M. R. G. Fauna edáfica em sistemas de uso do solo no município de Ponta Grossa- PR. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). 2014. 76p. Universidade Federal do Paraná. Disponível em

<<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/35923/R%20-%20D%20-%20MAURICIO%20RUMENOS%20GUIDETTI%20ZAGATTO.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05 set 2014



## APÊNDICE A – LISTA DE ESPÉCIES

**APÊNDICE A** – LISTA DE ESPÉCIES POR REGIÃO (CAMPOS GERAIS, OESTE E PLANALTO) E MUNICÍPIO (PG – PONTA GROSSA, SMO- SÃO MIGUEL DO OESTE, CHAP – CHAPECÓ, XAN- XANXERÊ, STS – SANTA TEREZINHA DO SALTO/LAGES, OTC – OTACÍLIO COSTA E CBS – CAMPO BELO DO SUL). OS SÍMBOLOS INDICAM ESPÉCIES COLETADAS EM SANTA CATARINA EXCLUSIVAMENTE POR UM MÉTODO (♦ - TSBF, ♣ - PITFALL) E NÚMEROS INDICAM A EXCLUSIVIDADE QUANTO AO ESTRATO (<sup>0</sup> – SERRAPILHEIRA, <sup>I</sup> – ESTRATO 0-10 CM E <sup>II</sup> – ESTRATO 10-20 CM)

Espécies	Paraná		Santa Catarina				
	Campos Gerais		Oeste			Planalto	
	PG	SMO	CHAP	XAN	STS	OTC	CBS
<b>Amblyoponinae</b>							
<i>Fulakora armigera</i> (Mayr, 1887) ♦						X	
<i>Fulakora elongata</i> (Santschi, 1912) ♦ <sup>I</sup>	X	X			X	X	X
<b>Dolichoderinae</b>							
<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	X	X		X			
<i>Dorymyrmex</i> sp. 1 ♣			X				X
<i>Dorymyrmex</i> sp. 2 ♣							X
<i>Linepithema gallardoi</i> (Brèthes, 1914) ♣		X					X
<i>Linepithema humile</i> (Mayr, 1868) ♣	X					X	
<i>Linepithema iniquum</i> (Mayr, 1870)		X				X	
<i>Linepithema leucomelas</i> (Emery, 1894) ♣					X		
<i>Linepithema micans</i> (Forel, 1908)	X	X	X	X	X	X	X
<i>Linepithema pulex</i> Wild, 2007 <sup>I</sup>	X						
<b>Dorylinae</b>							
<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)		X				X	
<i>Labidus praedator</i> (Smith, 1858) ♣						X	X
<i>Neivamyrmex</i> sp. 1 ♦ <sup>II</sup>	X	X	X				
<i>Neocerapachys splendens</i> (Borgmeier, 1957) ♦	X					X	
<i>Sphinctomyrmex stali</i> Mayr, 1866 ♦		X					
<b>Ectatomminae</b>							
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863 ♣			X		X		
<i>Ectatomma permagnum</i> Forel, 1908 <sup>I</sup>	X						
<i>Gnamptogenys rastrata</i> (Mayr, 1866) ♣					X		
<i>Gnamptogenys regularis</i> Mayr, 1870	X						
<i>Gnamptogenys</i> pr. <i>striatula</i>	X		X	X X	X X		XX
<i>Gnamptogenys</i> sp. n. A ♦						X	
<i>Gnamptogenys striatula</i> Mayr, 1884 <sup>I</sup>	X		X	X	X	X	X
<i>Gnamptogenys sulcata</i> (Smith, 1858) ♣					X		
<i>Typhlomyrmex major</i> Santschi, 1923 ♦	X	X	X	X	X	X	X
<i>Typhlomyrmex pusillus</i> Emery, 1894 <sup>I</sup>	X		X		X	X	X
<b>Formicinae</b>							
<i>Acropyga decedens</i> (Mayr, 1887) ♦					X		
<i>Acropyga goeldii</i> Forel, 1893	X			X	X	X	
<i>Brachymyrmex coactus</i> Mayr, 1887 <sup>I</sup>	X						
<i>Brachymyrmex pilipes</i> Mayr, 1887 ♣	X		X				
<i>Brachymyrmex pilipes</i> gr. sp. 1 ♦		X					
<i>Brachymyrmex</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	
<i>Brachymyrmex</i> sp. 2	X	X	X	X	X	X	X
<i>Brachymyrmex</i> sp. 3	X	X	X	X	X	X	X
<i>Brachymyrmex</i> sp. 4	X						
<i>Brachymyrmex</i> sp. 5	X	X	X	X		X	
<i>Brachymyrmex</i> sp. 6	X	X		X		X	
<i>Brachymyrmex</i> sp. 7	X		X	X	X	X	X

Continua

**APÊNDICE A**– LISTA DE ESPÉCIES POR REGIÃO (CAMPOS GERAIS, OESTE E PLANALTO) E MUNICÍPIO (PG – PONTA GROSSA, SMO- SÃO MIGUEL DO OESTE, CHAP – CHAPECÓ, XAN- XANXERÊ, STS – SANTA TEREZINHA DO SALTO/LAGES, OTC – OTACÍLIO COSTA E CBS – CAMPO BELO DO SUL). OS SÍMBOLOS INDICAM ESPÉCIES COLETADAS EM SANTA CATARINA EXCLUSIVAMENTE POR UM MÉTODO (♦ - TSBF, ♣ - PITFALL) E NÚMEROS INDICAM A EXCLUSIVIDADE QUANTO AO ESTRATO (<sup>0</sup> – SERRAPILHEIRA, <sup>1</sup>– ESTRATO 0-10 CM E <sup>II</sup> – ESTRATO 10-20 CM) CONTINUAÇÃO

Espécies	Paraná		Santa Catarina				
	Campos Gerais		Oeste			Planalto	
	PG	SMO	CHAP	XAN	STS	OTC	CBS
<i>Brachymyrmex</i> sp. 8♣					X		
<i>Brachymyrmex</i> sp. 9		X				X	
<i>Brachymyrmex</i> sp. 10♣		X		X		X	
<i>Camponotus balzani</i> Emery, 1894					X	X	X
<i>Camponotus blandus</i> (Smith, 1858)					X	X	X
<i>Camponotus brasiliensis</i> Mayr, 1862 <sup>I</sup>	X						
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	X	X	X			X	X
<i>Camponotus melanoticus</i> Emery, 1894 ♣ <sup>I</sup>	X	X	X		X		X
<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870	X		X	X			
<i>Camponotus</i> pr. <i>cingulatus</i> ♣					X		X
<i>Camponotus punctulatus</i> Mayr, 1868					X	X	X
<i>Camponotus renggeri</i> Emery, 1894 <sup>II</sup>	X		X	X			X
<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)		X	X	X		X	X
<i>Camponotus sexguttatus</i> (Fabricius, 1793) II	X						
<i>Camponotus zenon</i> Forel, 1912 ♣			X	X			X
<i>Camponotus</i> sp. 1 <sup>I</sup>	X						
<i>Camponotus</i> sp. 2	X						
<i>Camponotus</i> sp. 4 ♣							X
<i>Camponotus</i> sp. 5 ♣							X
<i>Camponotus</i> sp. 6 ♣				X			
<i>Myrmelachista catharinae</i> Mayr, 1887 ♣				X			
<i>Myrmelachista nodigera</i> Mayr, 1887 ♣						X	
<i>Myrmelachista gallicola</i> Mayr, 1887 <sup>I</sup>	X						
<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862) <sup>I</sup>	X	X	X	X			
<i>Nylanderia</i> sp. 1	X	X	X	X		X	
<i>Nylanderia</i> sp. 2			X	X	X		
<i>Nylanderia</i> sp. 3♦		X					
<b>Heteroponerinae</b>							
<i>Heteroponera dentinodis</i> (Mayr, 1887)					X	X	X
<i>Heteroponera mayri</i> Kempf, 1962		X		X			X
<i>Heteroponera microps</i> Borgmeier, 1957 ♣		X					
<b>Myrmicinae</b>							
<i>Acanthognathus ocellatus</i> Mayr, 1887♦			X				
<i>Acromyrmex aspersus</i> (Smith, 1858) ♣			X				
<i>Acromyrmex crassispinus</i> (Forel, 1909) <sup>I</sup>	X	X	X	X	X		X
<i>Acromyrmex landolti</i> (Forel, 1885) ♣					X		
<i>Acromyrmex lundii</i> (Guérin-Méneville, 1838)♣					X		X
<i>Acromyrmex subterraneus</i> (Forel, 1893) ♣			X	X			X
<i>Apterostigma</i> sp. 1			X				
<i>Apterostigma</i> sp. 2♣			X	X			
<i>Atta sexdens</i> (Linnaeus, 1758)		X	X	X	X	X	
<i>Carebara</i> sp. 1♦			X				
<i>Carebara</i> sp. 2♣						X	X
<i>Carebara brasiliiana</i> Fernández, 2004 ♣			X				
<i>Crematogaster ampla</i> Forel, 1912 ♣						X	X

Continua

**APÊNDICE A** – LISTA DE ESPÉCIES POR REGIÃO (CAMPOS GERAIS, OESTE E PLANALTO) E MUNICÍPIO (PG – PONTA GROSSA, SMO- SÃO MIGUEL DO OESTE, CHAP – CHAPECÓ, XAN- XANXERÊ, STS – SANTA TEREZINHA DO SALTO/LAGES, OTC – OTACÍLIO COSTA E CBS – CAMPO BELO DO SUL). OS SÍMBOLOS INDICAM ESPÉCIES COLETADAS EM SANTA CATARINA EXCLUSIVAMENTE POR UM MÉTODO (♦ - TSBF, ♣ - PITFALL) E NÚMEROS INDICAM A EXCLUSIVIDADE QUANTO AO ESTRATO (<sup>0</sup> – SERRAPILHEIRA, <sup>1</sup> – ESTRATO 0-10 CM E <sup>II</sup> – ESTRATO 10-20 CM) CONTINUAÇÃO

Espécies	Paraná		Santa Catarina				
	Campos Gerais		Oeste			Planalto	
	PG	SMO	CHAP	XAN	STS	OTC	CBS
<i>Crematogaster bruchi</i> Forel, 1912	X		X				
<i>Crematogaster corticicola</i> Mayr, 1887 ♣	X			X			
<i>Crematogaster quadriformis</i> Roger, 1863			X		X		
<i>Crematogaster</i> sp. 1				X			
<i>Crematogaster</i> sp. 2					X		X
<i>Cyphomyrmex lectus</i> (Forel, 1911)		X	X	X			X
<i>Cyphomyrmex olitor</i> Forel, 1893		X					X
<i>Cyphomyrmex plaumanni</i> Kempf, 1962		X		X			
<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1851)		X	X		X	X	X
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 1	X						
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 2		X	X			X	X
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 3 ♣						X	
<i>Hylomyrma balzani</i> (Emery, 1894)		X	X		X	X	X
<i>Hylomyrma reitteri</i> (Mayr, 1887) <sup>I</sup>	X	X	X				
<i>Megalomyrmex pusillus</i> Forel, 1912							X
<i>Mycetosoritis aspera</i> (Mayr, 1887) ♣				X			
<i>Myocepurus goeldii</i> (Forel, 1893)	X		X	X			
<i>Myocepurus smithii</i> (Forel, 1893)		X	X				
<i>Ochetomyrmex semipolitus</i> Mayr, 1878 ♣					X		
<i>Octostruma rugifera</i> (Mayr, 1887)			X		X	X	X
<i>Octostruma stenognatha</i> (Brown & Kempf, 1960) ♣		X				X	X
<i>Oxyepoecus plaumanni</i> Kempf, 1974 <sup>I</sup>	X						
<i>Oxyepoecus reticulatus</i> Kempf, 1974	X	X	X		X	X	
<i>Oxyepoecus rosai</i> Albuquerque & Brandão, 2009		X	X			X	
<i>Pheidole aberrans</i> Mayr, 1868	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole acutidens</i> (Santschi, 1922) ♣						X	
<i>Pheidole breviseta</i> Santschi, 1919		X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole cavifrons</i> Emery, 1906	X				X	X	X
<i>Pheidole fallax</i> gr. sp. 1 <sup>0</sup>	X						
<i>Pheidole gertrudae</i> Forel, 1886 <sup>0</sup>	X	X	X	X			
<i>Pheidole heyeri</i> Forel, 1899		X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole oxyops</i> Forel, 1908	X						
<i>Pheidole pr. rosula</i>					X	X	X
<i>Pheidole radoszkowskii</i> Mayr, 1884 <sup>I</sup>	X						
<i>Pheidole rosae</i> Forel, 1901	X						
<i>Pheidole subarmata</i> Mayr, 1884	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole transversostriata</i> Mayr, 1887		X					
<i>Pheidole triconstricta</i> Forel, 1886		X	X	X			
<i>Pheidole vafra</i> Santschi, 1923	X						
<i>Pheidole</i> sp. n. A	X						
<i>Pheidole</i> sp. n. I <sup>I</sup>	X						
<i>Pheidole</i> sp. n. N <sup>I</sup>	X						
<i>Pheidole</i> sp. 1	X						
<i>Pheidole</i> sp. 2 ♦ <sup>I</sup>	X		X				
<i>Pheidole</i> sp. 3 <sup>I</sup>	X						
<i>Pheidole</i> sp. 4	X						

Continua

**APÊNDICE A**– LISTA DE ESPÉCIES POR REGIÃO (CAMPOS GERAIS, OESTE E PLANALTO) E MUNICÍPIO (PG – PONTA GROSSA, SMO- SÃO MIGUEL DO OESTE, CHAP – CHAPECÓ, XAN- XANXERÊ, STS – SANTA TEREZINHA DO SALTO/LAGES, OTC – OTACÍLIO COSTA E CBS – CAMPO BELO DO SUL). OS SÍMBOLOS INDICAM ESPÉCIES COLETADAS EM SANTA CATARINA EXCLUSIVAMENTE POR UM MÉTODO (♦ - TSBF, ♣ - PITFALL) E NÚMEROS INDICAM A EXCLUSIVIDADE QUANTO AO ESTRATO (<sup>0</sup> – SERRAPILHEIRA, <sup>I</sup> – ESTRATO 0-10 CM E <sup>II</sup> – ESTRATO 10-20) CONTINUAÇÃO

Espécies	Paraná	Santa Catarina					
	Campos Gerais	Oeste		Planalto			
	PG	SMO	CHAP	XAN	STS	OTC	CBS
<i>Pheidole</i> sp. 5 <sup>I</sup>	X						
<i>Pheidole</i> sp. 6	X						
<i>Pheidole</i> sp. 7	X						
<i>Pheidole</i> sp. 8	X						
<i>Pheidole</i> sp. 9	X						
<i>Pheidole</i> sp. 10	X						
<i>Pheidole</i> sp. 11		X			X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 12		X					X
<i>Pheidole</i> sp. 13					X	X	
<i>Pheidole</i> sp. 14 ♣		X			X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 15 ♣		X	X		X		X
<i>Pheidole</i> sp. 16 ♣		X	X	X		X	X
<i>Pheidole</i> sp. 17 ♣		X		X	X		
<i>Pheidole</i> sp. 18					X	X	
<i>Pheidole</i> sp. 19		X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 20			X	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 21		X			X	X	
<i>Pheidole</i> sp. 22 ♦						X	
<i>Pheidole</i> sp. 23 ♣					X		
<i>Pheidole</i> sp. 24 ♣		X		X		X	
<i>Pheidole</i> sp. 25 ♣		X					
<i>Pheidole</i> sp. 26		X	X		X		X
<i>Pheidole</i> sp. 27		X					
<i>Pheidole</i> sp. 28 ♣				X			
<i>Pheidole</i> sp. 29 ♣		X	X			X	X
<i>Pheidole</i> sp. 30			X	X	X		X
<i>Pheidole</i> sp. 31		X	X	X			
<i>Pheidole</i> sp. 32 ♦					X		
<i>Pheidole</i> sp. 33				X		X	
<i>Pheidole</i> sp. 34			X		X	X	
<i>Pheidole</i> sp. 35 ♣					X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 36 ♣			X				
<i>Pheidole</i> sp. 37 ♣				X	X		X
<i>Pheidole</i> sp. 38 ♣			X	X			
<i>Pheidole</i> sp. 39 ♣		X					
<i>Pheidole</i> sp. 40 ♣		X	X	X	X		
<i>Pheidole</i> sp. 41			X	X	X		X
<i>Pheidole</i> sp. 42 ♣		X	X				
<i>Pheidole</i> sp. 43 ♣					X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 44 ♣		X	X				
<i>Pheidole</i> sp. 45 ♣		X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 46 ♣			X	X	X		X
<i>Pheidole</i> sp. 47 ♣		X	X	X			
<i>Pheidole</i> sp. 48 ♣			X	X	X		
<i>Pheidole</i> sp. 49 ♣		X	X	X			
<i>Pheidole</i> sp. 50			X			X	
<i>Pheidole</i> sp. 51			X			X	
<i>Pheidole</i> sp. 52						X	X

Continua

**APÊNDICE A** – LISTA DE ESPÉCIES POR REGIÃO (CAMPOS GERAIS, OESTE E PLANALTO) E MUNICÍPIO (PG – PONTA GROSSA, SMO - SÃO MIGUEL DO OESTE, CHAP – CHAPECÓ, XAN- XANXERÊ, STS – SANTA TEREZINHA DO SALTO/LAGES, OTC – OTACÍLIO COSTA E CBS – CAMPO BELO DO SUL). OS SÍMBOLOS INDICAM ESPÉCIES COLETADAS EM SANTA CATARINA EXCLUSIVAMENTE POR UM MÉTODO (♦ - TSBF, ♣ - PITFALL) E NÚMEROS INDICAM A EXCLUSIVIDADE QUANTO AO ESTRATO (<sup>0</sup> – SERRAPILHEIRA, <sup>I</sup> – ESTRATO 0-10 CM E <sup>II</sup> – ESTRATO 10-20) CONTINUAÇÃO

Espécies	Paraná		Santa Catarina				
	Campos Gerais		Oeste			Planalto	
	PG	SMO	CHAP	XAN	STS	OTC	CBS
<i>Pheidole</i> sp. 53 ♣				X			
<i>Pheidole</i> sp. 54 ♣		X					
<i>Pheidole</i> sp. 55 ♣		X	X				
<i>Pheidole</i> sp. 56 ♣				X		X	X
<i>Pheidole</i> sp. 57					X		X
<i>Pheidole</i> sp. 58 ♦					X		
<i>Pheidole</i> sp. 59 ♣					X		
<i>Pheidole</i> sp. 60 ♣					X		
<i>Pheidole</i> sp. 61					X	X	
<i>Pheidole</i> sp. 62		X	X	X			
<i>Pheidole</i> sp. 63 ♣				X			
<i>Pheidole</i> sp. 64 ♣				X			
<i>Pheidole</i> sp. 65 ♣				X			
<i>Pheidole</i> sp. 66 ♣							X
<i>Pheidole</i> sp. 67 ♣		X					
<i>Pheidole</i> sp. 68				X	X		X
<i>Pheidole</i> sp. 69 ♦						X	
<i>Pheidole</i> sp. 70 ♣					X		
<i>Pheidole</i> sp. 71 ♣		X					
<i>Pheidole</i> sp. 72 ♣					X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 73 ♣					X		X
<i>Pheidole</i> sp. 74 ♣						X	
<i>Pheidole</i> sp. 75 ♣					X		X
<i>Pheidole</i> sp. 76 ♣				X		X	X
<i>Pheidole</i> sp. 77 ♣				X	X	X	
<i>Pheidole</i> sp. 78 ♣							X
<i>Pheidole</i> sp. 79 ♣				X			
<i>Pheidole</i> sp. 80 ♣		X					
<i>Pogonomyrmex naegelli</i> Emery, 1878	X		X		X	X	
<i>Rogeria bruchi</i> Santschi, 1922 ♦					X		
<i>Solenopsis gemminata</i> gr. <sup>I</sup>	X						
<i>Solenopsis gemminata</i> gr. sp. 1		X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis gemminata</i> gr. sp. 2 ♣			X	X			
<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1972	X	X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp. 1 ♣	X	X		X			
<i>Solenopsis</i> sp. 2	X	X				X	
<i>Solenopsis</i> sp. 3 <sup>I</sup>	X			X		X	X
<i>Solenopsis</i> sp. 4	X						
<i>Solenopsis</i> sp. 5	X						
<i>Solenopsis</i> sp. 6 <sup>II</sup>	X						
<i>Solenopsis</i> sp. 7 ♣	X					X	
<i>Solenopsis</i> sp. 8 <sup>I</sup>	X						
<i>Solenopsis</i> sp. 9	X	X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp. 10		X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp. 11			X	X	X		X
<i>Solenopsis</i> sp. 12		X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp. 13		X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp. 14 ♣		X	X		X	X	

continua

**APÊNDICE A** – LISTA DE ESPÉCIES POR REGIÃO (CAMPOS GERAIS, OESTE E PLANALTO) E MUNICÍPIO (PG – PONTA GROSSA, SMO - SÃO MIGUEL DO OESTE, CHAP – CHAPECÓ, XAN- XANXERÊ, STS – SANTA TEREZINHA DO SALTO/LAGES, OTC – OTACÍLIO COSTA E CBS – CAMPO BELO DO SUL). OS SÍMBOLOS INDICAM ESPÉCIES COLETADAS EM SANTA CATARINA EXCLUSIVAMENTE POR UM MÉTODO (♦ - TSBF, ♣ - PITFALL) E NÚMEROS INDICAM A EXCLUSIVIDADE QUANTO AO ESTRATO (<sup>0</sup> – SERRAPILHEIRA, <sup>I</sup> – ESTRATO 0-10 CM E <sup>II</sup> – ESTRATO 10-20) CONTINUAÇÃO

Espécies	Paraná		Santa Catarina				
	Campos Gerais		Oeste			Planalto	
	PG	SMO	CHAP	XAN	STS	OTC	CBS
<i>Solenopsis</i> sp. 15		X	X	X	X	X	X
<i>Solenopsis</i> sp. 16		X					X
<i>Solenopsis</i> sp. 17					X	X	
<i>Solenopsis</i> sp. 18 ♦				X			
<i>Strumigenys appretiata</i> (Borgmeier, 1954)					X		X
<i>Strumigenys denticulata</i> Mayr, 1887 ♦			X				
<i>Strumigenys eggersi</i> Emery, 1890		X	X				
<i>Strumigenys louisianae</i> Roger, 1863 <sup>I</sup>	X						
<i>Strumigenys oglobini</i> Santschi, 1936 ♣		X					
<i>Strumigenys</i> pr. <i>epinotalis</i> <sup>I</sup>	X						
<i>Strumigenys</i> pr. <i>louisianae</i> sp. 1 ♣					X		
<i>Strumigenys</i> pr. <i>louisianae</i> sp. 2			X	X	X	X	
<i>Strumigenys</i> pr. <i>louisianae</i> sp. 3 ♣					X		
<i>Trachymyrmex holmgreni</i> Wheeler, 1925					X	X	X
<i>Trachymyrmex</i> sp. 1					X	X	X
<i>Trachymyrmex</i> sp. 2 ♣					X		
<i>Tranopelta gilva</i> Mayr, 1866	X				X		
<i>Wasmannia affinis</i> Santschi, 1929	X	X	X		X	X	
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)		X	X	X	X	X	X
<i>Wasmannia sulcaticeps</i> Emery, 1894		X	X		X	X	
<b>Ponerinae</b>							
<i>Anochetus neglectus</i> Emery, 1894	X						
<i>Centromyrmex brachycola</i> (Roger, 1861)	X						
<i>Hypoponera foreli</i> (Mayr, 1887)	X	X	X	X	X	X	X
<i>Hypoponera opaciceps</i> (Mayr, 1887)		X	X	X	X	X	X
<i>Hypoponera</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	X
<i>Hypoponera</i> sp. 2	X	X	X	X			X
<i>Hypoponera</i> sp. 3	X						
<i>Hypoponera</i> sp. 4	X						
<i>Hypoponera</i> sp. 5 ♦	X		X		X	X	
<i>Hypoponera</i> sp. 6 <sup>I</sup>	X	X		X	X	X	X
<i>Hypoponera</i> sp. 7	X						
<i>Hypoponera</i> sp. 8	X	X	X	X	X	X	X
<i>Hypoponera</i> sp. 9 <sup>0</sup>	X						
<i>Hypoponera</i> sp. 10 <sup>I</sup>	X				X	X	X
<i>Hypoponera</i> sp. 11	X		X	X	X	X	X
<i>Hypoponera</i> sp. 12 <sup>II</sup>	X						
<i>Hypoponera</i> sp. 13		X			X	X	X
<i>Hypoponera</i> sp. 14			X			X	
<i>Hypoponera</i> sp. 15						X	X
<i>Hypoponera</i> sp. 16 ♦		X	X		X	X	X
<i>Hypoponera</i> sp. 17 ♦			X	X			
<i>Hypoponera</i> sp. 18 ♦					X		
<i>Hypoponera</i> sp. 19 ♦						X	
<i>Hypoponera</i> sp. 21 ♦						X	
<i>Hypoponera</i> sp. 22 ♦				X			
<i>Hypoponera</i> sp. 23 ♦	X	X					
<i>Neoponera bucki</i> (Borgmeier, 1927) ♣					X		X

Continua

**APÊNDICE A**– LISTA DE ESPÉCIES POR REGIÃO (CAMPOS GERAIS, OESTE E PLANALTO) E MUNICÍPIO (PG – PONTA GROSSA, SMO - SÃO MIGUEL DO OESTE, CHAP – CHAPECÓ, XAN- XANXERÊ, STS – SANTA TEREZINHA DO SALTO/LAGES, OTC – OTACÍLIO COSTA E CBS – CAMPO BELO DO SUL). OS SÍMBOLOS INDICAM ESPÉCIES COLETADAS EM SANTA CATARINA EXCLUSIVAMENTE POR UM MÉTODO (♦ - TSBF, ♣ - PITFALL) E NÚMEROS INDICAM A EXCLUSIVIDADE QUANTO AO ESTRATO (<sup>0</sup> – SERRAPILHEIRA, <sup>I</sup> – ESTRATO 0-10 CM E <sup>II</sup> – ESTRATO 10-20) CONCLUSÃO.

	Paraná		Santa Catarina				
	Campos Gerais		Oeste			Planalto	
Espécies	PG	SMO	CHAP	XAN	STS	OTC	CBS
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)		X	X	X			
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)		X	X	X			X
<i>Pachycondyla striata</i> Smith, 1858		X	X	X	X	X	X
<i>Rasopone ferruginea</i> (Smith, 1858) ♦				X			
<i>Simopelta curvata</i> (Mayr, 1887) ♦		X	X				
<b>Proceratiinae</b>							
<i>Discothyrea sexarticulata</i> Borgmeier, 1954 <sup>0</sup>	X						
<i>Proceratium brasiliense</i> Borgmeier, 1959 ♦						X	
<b>Pseudomyrmicinae</b>							
<i>Pseudomyrmex flavidulus</i> (Smith, 1858) ♦	X	X					
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804) <sup>I</sup>	X						
<i>Pseudomyrmex longus</i> (Forel, 1912) <sup>I</sup>	X						
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1877) ♦			X				
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1	X		X				
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 2 ♣							X
<b>TOTAL</b>	<b>101</b>	<b>103</b>	<b>108</b>	<b>94</b>	<b>111</b>	<b>109</b>	<b>101</b>